

农村小型水电站 参考資料

上海社会科学院图书馆
书刊处理章

上海财经经济学院
圖書館藏章

水利出版社

0125542

農村小型水电站参考資料

本書收集了農村小型水电站的資料，供有關部門參考。

本書收集了農村小型水电站的資料，供有關部門參考。

本書收集了農村小型水电站的資料，供有關部門參考。

本書收集了農村小型水电站的資料，供有關部門參考。

本書收集了農村小型水电站的資料，供有關部門參考。

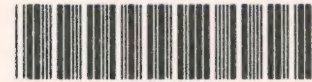
本書收集了農村小型水电站的資料，供有關部門參考。

本書收集了農村小型水电站的資料，供有關部門參考。

本書收集了農村小型水电站的資料，供有關部門參考。

本書收集了農村小型水电站的資料，供有關部門參考。

上海社会科学院图书馆
书刊处理章



00244360

621.3
5721
C1

（本书十三册）（本书十三册）（本书十三册）
（本书十三册）（本书十三册）（本书十三册）
（本书十三册）（本书十三册）（本书十三册）

水利出版社
1956年6月

本資料包括有关小型水电站查勘、設計等建站工作的論述，水利部北京勘测設計院水电組对四川、福建、河北等省几十个小型水电站的調查材料以及該組兩項定型設計的試作——根据苏联圖紙补充而成的木制旋槳式水輪机圖紙及利用渠道跌水建筑小型水电站的設計示例等。

本資料可供小型水电工作者工作参考。

農村小型水电站参考資料

編輯者 水利出版社（北京和平門內北新華街三十五号）
北京市書刊出版業營業許可証出字第 080 号
印刷者 水利出版社印刷厂（蚌埠大馬路四大三号）
發行者 新華書店

170 千字 787×1092 1/16 13 2/8 印張
1956 年 6 月第 1 版，蚌埠第一次印刷，印數 1—8,000
統一書号 15047.21 定价(10)1.70 元

序 言

随着農業社会主义改造高潮的到來，必然會出現一个農業生產的高潮。在農業生產高潮的形势下，農村小型水电站將日漸起着重要作用。

一九五六年全國水利會議根据目前農業合作化發展的需要提出了發展農村小型水电站的任务，但由于我國过去这项工作的基礎是薄弱的，而且到目前为止还没有定型設計，各地紛紛反映迫切需要关于这项工作的参考资料。为了適應这一要求，我們彙集了水利部北京勘测設計院的內部資料“農村小型水电站参考资料彙編”及“中國水利”和“水利譯叢”上已發表和未發表的几篇关于農村水电站的稿件，編成这本資料，供各地参考。

这本資料包括关于小型水电站工作的論述，水利部北京勘测設計院水电組在四川、福建、河北等省調查几十个小型水电站的材料及对它們的优缺点的分析和敘述；此外还收入了水利部北京勘测設計院水电組兩項定型設計的試作，即根据苏联圖紙补充而成的木制旋槳式水輪机的圖紙和利用渠道跌水建筑小型水电站的設計示例。

由于時間倉卒和我們水平不够，这本参考資料的內容很不完善，特別是有关施工和運轉方面的資料很少，可能还远不能滿足目前小型水电工作者的需要，希望参考这本資料的机关和个人提出意見。

水利出版社

一九五六年六月

目 錄

序言

| | |
|--|---------|
| 一、关于小型水电站的查勘和設計..... | (1) |
| 二、小型水电站的合理型式..... | (7) |
| 三、小型水电站的机械和电气設計的参考資料..... | (19) |
| 四、兩击式水輪机的設計和应用..... | (26) |
| 五、木制旋槳式水輪机及其应用..... | (33) |
| 六、農村水电站的傳动設備..... | (56) |
| 七、農村水电站的輸电綫——鋼導綫和“兩綫——地”制..... | (67) |
| 八、四川省小型水电厂調查报告..... | (90) |
| 九、房山縣高压水电站兩击式水輪机的安裝..... | (108) |
| 十、木制旋槳式水輪机制造圖(圖号 20—1~20—18)..... | (116) |
| 十一、已成小型水电站圖紙彙集說明及利用渠道跌水建筑小型水电站設計示例(圖号 1—31)..... | (135) |

一、关于小型水电站的查勘和設計

水利部北京勘测設計院水电組

我們于 1955 年做了河北房山、吉林敦化和貴州惠水的三个小型水电站的查勘和設計。房山和敦化水电站已于本年兴建，惠水將于 1956 年建站。在工作中我們遇到了一些問題，在領導上和苏联专家的帮助下，大部分得到了解决。現在把这些問題寫出來，与做小型水电站查勘和設計工作的同志們研討。

I 小型水电站查勘和設計的方法

我們所做的三个水电站的設計，都是按照两个設計階段進行的，即初步設計和施工詳圖两个階段。因此，查勘和設計都要在一次做完，剩下的只是施工詳圖的工作。

查勘是为設計收集資料，而小型水电站是为該地区的農副業生產和農村照明服务的，因此，在小型水电站的設計中必須研究工程条件的可能性和經濟条件的必要性，从而确定工程的合理性。在設計开始以前，就需要收集足够的資料，以供設計时作为研究上述問題的依据。

(一)工程的可能条件 包括地形、地質、水文、气象、已成工程情况、交通運輸、劳动力和工程材料等部分。

地形資料主要为地形圖。小型水电站的地形資料需要：(1) 1:10,000~1:25,000 的建筑区域地形圖。建筑区域地形圖的范围包括農村水电站供电所涉及的地区或是水电站的各水工建筑物分布的地区。(2) 1:500 的建筑物附近地形圖。这一种圖紙所包括的范围，要足供对各个水工建筑物如引水口、渠道、厂房等的選擇比較之用，应在查勘时按照地形变化和設計者所拟定的各种可能方案來定。

地形圖紙应尽可能采用旧有圖紙，在沒有旧圖时才測繪新圖，特别是比例尺較小的 1:10,000 或 1:25,000 的地形圖，如旧圖比例尺与要求出入不大，都可采用。我們在房山、敦化和惠水的設計中，小比例尺圖紙都是用的旧圖；1:500 的建筑物附近地形圖都是在查勘时新測的。对于旧圖，在查勘时都要加以驗證，如有錯誤，必須改正。

地質資料包括地質圖和查勘說明。由于目前地質工作人員缺乏，小型水电站的查勘一般不能配备專門地質工作人員，在查勘中要由水工人員附帶做些地質工作，所以不要求他們填地質圖，但要求他們做兩件事情：一件是在建筑物的基礎上了解一下复

盖層的厚度和复盖層的性質，方法是挖試坑，把复盖層各層的性質和地下水位記錄下來；另一件是研究建築物附近地點的旧建築物的情況，如基礎情況、設計依据和使用后的變化情況及變化的原因等。這些資料對新建築物的設計有很大的幫助。在挖試坑時，如果發現复盖層在新建築物建築預計深度以下，則試坑可挖至預計的建築深度以下1至2公尺（視地層情況的好壞而定）。挖了試坑以後，可測定一下滲水率。

在地質資料的收集工作中，還可以在現場採取石樣和土樣，請地質工程師或試驗室鑒定岩石和土壤的性質，作為設計中的參考。

水文資料 對於小型水电工作者說來是個最困難的問題。由於小型水电站一般都在河流的上游或支流上，以往的水文資料特別缺乏，因此，查勘工作也就特別困難。

水文查勘的目的是為了在設計中供給水文計算以確定水电站的設計引用流量和其他設計用的最大和最小流量的充分資料。但是，由於原有資料的缺乏，在查勘中就需要把水文計算和水文查勘工作結合起來，逐步研究，逐步收集資料補充，以便得到比較圓滿的結果。

我們在三個水电站的查勘中，對於水文查勘共做了以下幾方面的工作：

(1) 收集對建築地點有關係的河流上的水文和氣象資料。這是為了研究採用各種水文計算方法的可能性，也是為了供給水文計算的資料。

(2) 現場水文測量，包括枯水流量的測定、洪水流量的測定和一年中水位變化的大致情況的測定。這種測定，是水文計算中最可靠的和最重要的依據。

測量工作包括河床比降、水面比降、河床断面測量、河床复盖情況記錄等等。

(3) 現場水文調查。一部分調查與測量是配合的，包括歷史上的洪水位和枯水位的調查；另一部分是為了了解水文情況的，例如水磨生產量的變化情況、灌溉用水情況等等。由於實際資料的缺乏，在查勘中就需要引用各種各樣的遺留的水文痕迹來說明過去的水文情況，以便把人們的記憶與實地上遺留的各種痕迹配合起來，從而求得各種可靠的情況。

氣象資料 是供給水文計算、電氣設計、廠房的通風和保溫設計等應用的，其中有下列各項要求：

(1) 降雨量和蒸發量記錄；

(2) 氣溫、風速和濕度的最大、最小和平均值、風的經常的方向、降雪降霜的每年起迄時間和日數、一年中落雪的次數和最多落雪的季節、一年中冰凍的起迄日期和冰凍日數、冰凍最大厚度等。

氣象資料可向距建築地點最近的一個氣象站索取。資料上要注明統計起迄年月和供給資料單位的名稱，並要求供給資料的機關注明資料的可靠程度，以備於採用時適當地考慮它的正確度。

已成工程的調查 是我們查勘中的一項重要工作，因為在新建工程的設計中需要考慮與已成工程的關係；而且還因為已成工程的設計、施工和運用情況是新建工程設計的重要參考材料。調查內容包括：

(1) 已成工程的設計情況：設計中的水文分析成果、設計引用水量以及它與新建工程的關係、設計規劃中所考慮的問題的結論、建築物設計的各項數據、地質數據、

建築材料的選用及選用的原因等。

(2) 已成工程的建築情況：建築開挖以後所發現的岩石和土壤情況、建築中遇到的困難問題、建築材料的供應情況等。

(3) 已成工程的運用情況：運用以後的工程與原設計的差別、發生的問題及其原因、處理的方法和效果與人民反映的意見等。

交通運輸的調查 主要是作為設計預算和施工組織設計的資料。在一般情況下，小型水电站的各個機械零件都是不太重的，運輸問題不大。對於交通情況，主要是要了解建站地點距公路的遠近；如果沒有公路直達建站地點，是否還有其他交通工具可資應用。

勞動力調查 主要是要了解在建站地點附近有沒有條件解決機械安裝方面的技術力量、有沒有技工可以招請或調用。至於泥水工、木工和普通工，因為用量不大，一般尚無問題。

工程材料的調查 工作量較小。因為，小型水电站所用的建築材料不多，只需了解工程上所用的各項材料的產地、儲存量、運送和開采情況、價格、運價等等。在進行工程材料調查時，要注意研究已成工程的用料情況。工程材料應儘可能利用能就地開采和應用最廣泛的材料，使工程造价比較便宜。

(二) **經濟條件的資料** 是確定电站建築的必要性的依據，它充分反映在負荷資料中；負荷數字的大小，表示對該工程要求的程度。

負荷調查應從當地縣區政府的意圖出發。當地縣區政府應按照當地的經濟情況提出負荷要求，調查者即按照他們的意圖，分門別類進行調查。

農村水电站的負荷一般包括：抽水灌溉、農產品加工（碾米、榨油、軋花打包、磨面等）、小城鎮和農村照明等方面。對於各項負荷，都應調查它的目前需要和將來發展的可能情況。

抽水灌溉用电 要確定灌區位置和範圍、抽水機站的設立位置、灌區畝數、作物用水量和用水的過程綫（干旱年份按月計算的年過程綫）；因為要根據抽水機站的位置確定輸電的距離，要根據用水量和用水過程綫以及抽水高度來確定用电量。

農產品加工用电 要確定各種農產品的年加工量、現有加工用的各種機器的容量（馬力數）和使用情況、加工廠將來發展的計劃等等。

小城鎮和農村照明用电 一般的照明，要調查居民的戶數和人數（按鎮和村莊分，或按居住集中點分），機關、學校和工廠、商店的照明，要調查實際需要量，小商店按照一般用戶計算。

以上這些資料的來源，一般是根據縣區政府的統計，然後選定重點，深入了解一些具體情況和居民的意見和要求。

查勘和確定各項資料的過程大致是：在到現場去進行查勘以前，必須與有關部門聯繫，了解情況並征求他們的意見；同時收集政府各機關現有的各種有關資料，並加以整理和研究，以便弄清資料的來源，提出問題。這樣，在查勘以前就可以達到基本上掌握建站地點已有的各種資料和政府各有關部門的意圖。其次，要進行現場查勘。現場查勘要在已經收集的資料的基礎上進行，有的只要做些校核工作，有的要做些補

充的收集工作。同时，对已经提出的問題，还要进行深入研究，加以解决。第三步，就是把收集的資料和問題向政府有關部門介紹和商討，然后再把它肯定作为設計的依据。各項資料中特別是負荷資料，必須經過三个步驟反复研究然后肯定。

II 小型水电站初步設計的要求

小型水电站的初步設計（按兩個設計階段划分）工作包括：負荷曲線的編制、水文分析、水能計算、水工建筑布置、水力計算、投資概算和画圖等七部分。現在將各部分的工作要求和方法介紹于下：

（一）編制負荷曲線的要求，是为了做成建站運轉第一年的冬季和夏季的代表負荷曲線，并大約估計五年以后的負荷需要情况。大型和中型电站的設計中，要求考慮第一年和第五年以及較長远的負荷情况；而小型水电站由于容量小、農村經濟的統計材料不足、負荷分配調整也比較容易，所以不需要也不容易估計得很远，因此，只要要求能做出建站后第一年供电时的負荷曲線就够了。負荷曲線上要注明負荷率，以便研究联动机的選擇問題。

負荷曲線的編制方法。根据各类用戶的用电情况做成各类用戶的日用电过程綫，然后再把各类日負荷綫累加起來再加上輸电損失和厂用电，便可以得到日負荷的总过程綫。

（二）水文計算的要求，是供給水能計算的流量資料，所以对它的具体要求是根据可能獲得的水文資料和水能計算的要求來确定。小型水电站一般是日調節或無調節的，水能計算的要求比較簡單。目前所遇到的主要問題是水文資料缺乏。我們今年所做的三个小型水电站都是缺乏水文資料的。房山和惠水的兩個站，只是根据查勘时測得的流量和調查所得情况分析确定的；敦化站則是采用了鄰近河流的五年水文記錄而确定的。因此，它們的設計保證率也都是大致估計而沒有計算的依据的。我們的意見，在目前小型水电站建站地点水文資料極缺乏的情况下，应当着重水文的查勘工作和水文的分析工作；尽一切可能去獲得歷史上的各种水文現象，据以大致确定水电站的設計引用流量和設計保證率，并以計算方法來驗證确定的数字，加以修正，而后采用。

（三）水能計算的要求，是确定水电厂的容量和机組数，計算水电厂的年电能。由于小型水电站一般是日調節或無調節的水电站，水头变化不大，可以当作是沒有变化的。洪水时期的水头变化可能較大，但由于小河流上的洪水期一般都很短促，所以影响不大。因此，只要依照水电站的上下游的平常水位差减去主要的水头損失（渠道和引水管的摩擦損失）即可。水电厂的平均出力，則以簡單的公式 $(7.5 \sim 8.0) QH$ 瓦計算（ H 是除去主要水头損失以后的淨水头）。由于水量和水头的計算都是很粗略的，出力計算也就沒有詳細考慮水輪机的效率变化的必要。同时，目前要獲得正确的水輪机的效率曲線很困难，而且有时还是不可能的。

由于对水輪机的出力計算作得很粗略，在选定發電机容量时应使發電机容量比水輪机容量大一些。因为，發電机容量虽然大一些，但它的价格并不增加多少，却可以避

免由于选用發電机容量过小而限制了水輪机的出力。

小型水电站的机組数，一般采用一組或二組。机組数过多就要增加基建的投資和運轉的费用。容量在 50 瓩以下的水电站，可采用一个机組，容量大于 50 瓩的，則按負荷变化的情况选定一組或二組。

在有日調節水庫的水电站容量，用平均出力除以負荷率來确定。如沒有負荷曲線，負荷率可按用戶性質选用 40% 至 60%（如主要为照明用戶，則夏季負荷率約为 20% 左右）。

如果有季節电能的用戶，則可考慮根据季節电能的需要量和可能的來水量而擴大电站容量。

（四）关于小型水电站水工建築物的布置，需要考慮尽可能地减少建築物的数量和采用簡單型式的建築物，可以緩修的建築物就應緩修，以便使用最小的第一期投資完成水电站的建築。

水电站的电能用戶和用量是随着地区的農業生產的發展而逐步發展的，所以水电站的用水量是逐漸增加的，对運轉要求也是逐步提高的；因此建站的初期可以使用簡陋的水工建築物，而在电站建成以后再逐步加以改善。当然，这不是指的那些在改善时对水电站的運轉影响很大的建築物（如厂房的水下建筑部分就不宜于逐步改善）。

水工建築物的布置，需要从多方面考慮，并做出各种比較方案，以便選擇最經濟而合理的布置。如果建站的要求迫切，時間很紧，則水工布置的比較，可以不做很多的計算工作，而可用一般的常識來衡量各个布置的优劣条件。在比較的方法上，应多做討論，少做計算。

小型水电站的厂房布置，須考慮水輪机、發電机、配电板和運轉人員在工作中的方便条件，还須考慮到升压站的位置与配电板出綫的方向。小型水电站的厂房面積，应尽可能地縮小，但必須留出運轉和修理的活动場所。一般地，在机械運轉时，它的活动構件与牆壁或其他机器之間必須有 0.8~1.0 公尺的地方，以便運轉人員往來工作。因此，先确定各种机器必需的位置，以后便可以确定厂房的必需面積了。

（五）水力計算和結構計算，主要是对各建築物的校核計算，水工建築物的尺寸可按照其他已成工程的尺寸來选定。对于水电站厂房則应計算以下几項：（1）厂房的总体穩定。（2）厂房水輪机室和尾水室牆的断面校核計算（有水和無水的兩種情况的校核計算）。（3）發電机室和水輪机室的地板和承重梁的应力計算和結構設計。（4）尾水管的水力計算，主要校核尾水流速是否超过 1.5 公尺。（5）進水流速和通过攔污柵的流速、最低水位时的可能最小進水量等等。

（六）小型水电站的电气設計分兩部分：一部分是厂房內部的“厂內电气”設計，包括發電机選擇、配电板選擇、主結綫圖和升压变电站等部分；第二部分是輸电綫路的设计，包括輸电綫截面選擇、綫杆設計、電綫的各种应力計算和降压变电站的選擇等部分。其中最主要的是主結綫圖的确定，它应当从用戶的要求、運轉的方便和安全以及綫路的經濟等方面來進行各种結綫方式的比較，然后确定。由于小型水电站的容量較小，应采用比較簡單、運轉方便的主結綫（可參考“農村水电站”第十三章）。

小型水电站的輸电綫，一般可采用鉄導綫及“兩綫——地”制，以節省輸电綫的

材料，减少基建的投资。

(七) 小型水电站的初步设计图纸，要求有下列几张：

1. 说明水电站的位置、它的输电范围和水工建筑分布范围的图纸，图中表明水电站的总布置和输电线路的布置和负荷中心点。在图纸中最好能包括一个县城或较大的城市。比例尺不小于五万分之一，不大于一万分之一。

2. 说明利用河段坡降情况的河床（或枯水面）坡降线。图上表明电站引水口和尾水出口的位置。如果在河段上有其他水工建筑物或其他用水的引水建筑物，都要表明，河段范围按具体情况而定。

3. 引水道式水电站需要有电站引水口到尾水出口的引水道纵剖面图。图上表明引水道各种技术数据、上下游的平常、最高和最低水位、厂房的位置等。

4. 说明各建筑物总布置的各主要水工建筑物（进水口、厂房等）的平面布置图。比例尺不小于五百分之一。

5. 各水工建筑物的主要剖面图，说明各建筑物的结构形式、构件的尺寸等。

6. 厂房布置图，分为发电机层平面布置、水轮机层平面布置和尾水管层平面布置、厂房的前视和后视图、厂房的纵横立剖面图。比例尺不小于一百分之一。

7. 厂房内的电气主结线图，说明输电方式、发电机、变电站和输电线的运转关系，用单线表示。

(八) 小型水电站的效益计算是很困难的，而且它的作用也远非数字可以表示的。抽水灌溉部分可计算增产量。副业加工和照明用电则计算每年的发电度数，并按以一般价格出售，计算每年可收回的电价即可。

二、小型水电站的合理型式

苏联技术科学硕士 B.A. 巴兰诺夫作

I 灌溉渠道上的小型水电站的建筑

党和政府关于农业电气化的决议中，预定要修建数以百计的小型农村水电站，以期广泛利用小河流和灌溉渠道上所蕴藏的水能。第四个五年计划里所拟定的建筑计划需要大量的劳动力和建筑材料，这一情况提出了一个急待解决的问题，即改进小型水电站的结构使其更为合理，以期节约贵重的建筑材料、减少建筑工作量、缩短施工期限和改良机组等。

由于乌兹别克苏维埃社会主义共和国领土内的地形复杂，“小型水能”可以利用的水头的范围很宽——从 1 公尺至 100 公尺。但值得注意的是绝大多数农村水电站都位于各灌溉渠道上，所利用的水头一般为 3.5 公尺，因此低水头的小型水电站在乌兹别克获得了最为广泛的发展。可是这种低水头水电站的单位容量的基建投资却是较高的。

乌兹别克苏维埃社会主义共和国的低水头农村水电站，大多数是按照乌兹别克农村电气化总局的标准设计建筑的。这种标准设计所用的主要建筑材料是烧砖，而厂房的墙壁则是采用土砖。这就大大地减少了混凝土和木材的用量（见图 1）。电站

内安装有一组或两组动轮直径为 0.5 至 0.8 公尺的开敞式立轴水轮机（法兰西斯式或旋桨式），并采用手动调速。水电站标准设计中还有的是安装动轮直径小于 1 公尺的简单的木制旋桨式水轮机。这种标准设计的电气设备用得最多的是 CT 型三相交流发电机，这种发电机当转速为每分钟 1,000 转时，它的出力为 15 至 60 千伏安。发电机是由水轮机立轴借皮带来带动的，或者是安装一个中间传动轴来带动（当水轮机的转速不足时或是还要带动其他某种机器时）。

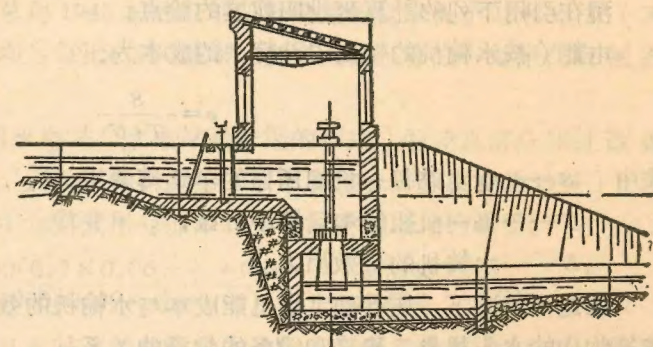


图1 乌兹别克农村电气化总局1945年制定的水头小于 5 公尺的农村水电站的标准设计略图

必須指出，由于地方工厂所出產的水輪机的品种太少，因而使目前修建水电站的工作遇到了一些困难。例如在旋槳式水輪机中（不包括木制旋槳式水輪机在內），至今在烏茲別克蘇維埃社会主义共和國只出產一种 ПРК-70 Б0-60 牌號的水輪机，它的动輪是 K-70 型（直徑 600 公厘）。因此就談不上適應不同工作条件來選擇水輪机組。

因此，上述的电站型式的改進之所以成为特別重要的問題，是由于这种改進可使整个电站具有最大的效能。当然，擴大小型水輪机出產的品种也是重要任务之一。

II 小型水电站的合理化問題

任何一种生產的合理化，都是与各种改進联系着的，而这种改進在大多数的情况下都是通过某些簡化來达到的。合理化的主要目的即在不降低產品質量和不增加產品成本的条件下来增加產品的数量，否則合理化不过是一种帶有各种不良后果的簡化而已。在我們所討論的这个情况下，建筑水电站的目的就是为了生產一定質量（电压，頻率）和成本的电能。

牽涉到水輪机工作構件的水輪机結構上的簡化，在大多数的情况下，將引起水輪机效率的降低，因而减少發電量。此外，進水建筑物和尾水建筑物內的水头損失也会影响水电站的总效率。为了節省建筑材料而進行的結構簡化是与减小輸水管过水断面联系着的，这一簡化也会導致發電量的减少。但另一方面，如果簡化机械設備，特別是簡化水电站的水工建筑物，既可節省基建投資和修理費用，又可降低運輸費用。

在由于簡化电站結構而降低了水电站的总效率的情况下，电能成本应随運轉費用减少的程度而有所降低，但在某些情况下也可能有些增加。因此当比較小型水电站的各个設計方案（各个方案的电能成本是不同的）时，評價合理化措施的效能的标准应当是建筑材料和投資的節省以及施工期限的縮短。

但必須指出，在个别情况下，如果电力成本的某种短期的增大能促使某一較重要的國民經濟問題迅速得到解决，則这种电能成本的增加是可以允許的。

現在引用下列的計算來說明前述的論点：

电能（按水輪机的軸出力計算）的成本为：

$$e = \frac{S}{T \cdot N}$$

式中 S ——水电站每一机組所需的年運轉費用；

T ——每一机組的年運轉小时数；

N ——水輪机的有效出力。

在这个情况下，应当确定出电能成本与水輪机的效率、水电站進水建筑物和尾水建筑物內的水头損失、建筑和設備的投資的关系。

按農村水电站通常所用的運轉費用的計算方法*，小型水电站的年運轉費用可按下列式确定：

* 見 A. II. 庫茲聶佐夫和 A. II. 茲拉特科夫斯基著“農村水电站”1941年版：对于單机組而容量小于 50 瓩的水电站，計算運轉費用是采用 2~3 个管理人員再加上每年擦洗潤滑用油費 1,000 盧布。

$$S = (ac_1 + bc_2 + c_3)m \dots \dots \dots (1)$$

式中 c_1 ——水工建筑物的基建總投資；

c_2 ——机械設備的總投資；

c_3 ——人員（包括臨時工在內）和運轉材料（潤滑和擦洗的油料）等的年總費用。

$a \approx 0.06$ ——水工建筑物的折舊和修理費用的提存系数；

$b \approx 0.1$ ——机械設備的折舊和修理費用的提存系数；

$m \approx 1.1$ ——行政管理費用和稅款等的提存系数。

計入了水电站建筑物內的水头損失的水輪机的有效出力为：

$$N = N_{\text{BOA}}(1 - \xi)\eta \dots \dots \dots (2)$$

式中 N_{BOA} ——按毛水头計算得的出力；

$\xi = \frac{\sum h}{H}$ ——水电站進水建筑物和尾水建筑物內的总水头損失系数；

η ——水輪机的效率。

根据公式(1)和(2)，進行比較的二电站方案的电能（按水輪机軸出力計算）設計成本的比如下式所示：

$$\frac{e^1}{e} = \frac{(1 - \xi)\eta S^1}{(1 - \xi^1)\eta^1 S} \dots \dots \dots (3)$$

在上式中，机組的年運轉小时数是相等的。

根据公式(3)，假如水电站在改進以后，進水和尾水建筑物中的水头損失系数的增加不超过下式中的 $\Delta\xi$ 值，則改進后的水电站的电能成本就不会增加：

$$\Delta\xi = \xi^1 - \xi = (1 - \xi) \left(1 - \frac{S^1 \eta}{S \eta^1} \right) \dots \dots \dots (4)$$

因此，公式(4)确定了小型水电站建筑中“合理化”和“簡化”之間的理論界限。但是当应用这一公式时，在各个情况下，还須注意到前面所講到的該工程对國民經濟的意义。

按照烏茲別克農村电气化总局 1945 年的标准設計建造的低水头小型水电站（不計入引水道），它們的單价平均为每瓩 6,000 盧布，其中大致三分之一是用在机械設備上。

如果出力为 30 瓩的單机組水电站（水电站最普遍的形式）的建筑部分經過改進后可以减少建筑材料的用量（以錢数表示，例如可以節省建筑部分投資的 30%），那末按照公式(1)，水电站的年運轉費用与原來的年運轉費用之比約等于：

$$\frac{S^1}{S} = \frac{30 \times 6,000(0.7 \times 0.06 \times \frac{2}{3} + 0.1 \times \frac{1}{3}) + 15,000}{30 \times 6,000(0.06 \times \frac{2}{3} + 0.1 \times \frac{1}{3}) + 15,000} \approx 0.9$$

如果水輪机的效率不变，且电站水工建筑物內的水头損失系数原为 10%，按照公式(4)，則水头損失系数的許可增加数值为：

$$\Delta\xi = (1 - 0.1)(1 - 0.9) \times 100 = 9\%$$

在下面，这个数字將用作为評價电站樞紐的合理化方案的效果的指标。

茲將改進小型水电站結構的一般原則歸納如下：

(1) 在小型水电站中采用手工業生產的簡單水輪機(這種水輪機比新型的水輪機的效率低 20% 或更多些), 乃是一種暫時性的措施。

(2) 在水电站安裝簡單的水輪機, 可採用最低廉的和簡陋的水工建築物, 但要使得建築物內的水頭損失為最小[公式(3)]。

(3) 採用高效率的水輪機, 加大流速, 從而可以稍許縮小水电站的水工建築物的尺寸。這首先是針對水輪機室而言的。

(4) 自動化是改進小型水电站的最有效的方法之一, 其目的在於節省看管機器所花的運轉費用[式(1)中的 c_3]。

III 節省水电站建築費用的可能性

在低水頭小型水电站樞紐的組成部分中, 最貴和最複雜的是它的建築部分。按水力發電設計局小型电站設計處的資料, 容量自 25 至 150 馬力的低水頭單機組的小型水电站樞紐的主要部分的投資如下(以總投資的百分數表示):

建築部分.....63~67

水力機械設備.....26~30

電氣設備.....6~8

在电站樞紐建築中最昂貴和最複雜的施工部分是水电站廠房的水下部分(正確的說是地下部分)。它的投資超過建築部分投資的一半, 亦即約占水电站全部投資的 30% 以上。假如將水輪機流出的水用水管引到機器房的旁邊, 則可大大地減少建築工作量, 或者甚至可以完全不要廠房的水下部分。

在圖 2、3 和 4 中, 提出了三個沒有水下建築部分的小型水电站的平面布置方案, 這三種方案適用於不同型式的水輪機。

第一種方案, 电站廠房的水下部分用圓井代替, 水輪機的尾水管伸入井中。井的下部與一埋設於土內的水平管道相連接, 水平管道的埋設深度應與尾水渠內的水位相適應。

在這種情況下, 水平管道不

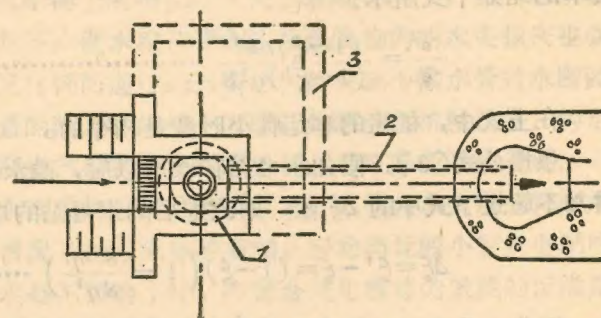


圖2 第一種方案。用尾水管來簡化廠房水下部分的安裝立軸開敞式水輪機的低水頭小型水电站
1—水輪機; 2—尾水管; 3—廠房

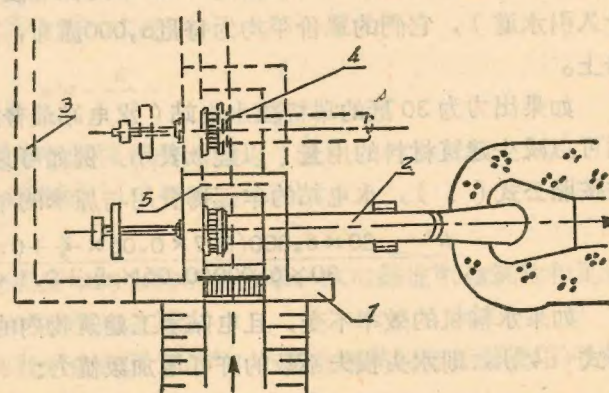


圖3 第二種方案。裝有橫軸開敞式水輪機而沒有水下建築部分的低水頭小型水电站
1—水輪機室; 2—尾水管; 3—機器房; 4—第二個機組; 5—閘門

會發生真空, 因此它的嚴密性並沒有什麼重要意義, 所以可採用混凝土管或用磚砌等, 這是這種方案的主要優點。

上述方法, 可以相當地減少立式水輪機的电站樞紐的巧工工作量。如果採用于橫式水輪機的小型水电站時, 這種改進方法的效果尤其顯著。

第二種方案是安裝開敞的橫式水輪機的低水頭水电站的一種方案, 這種电站的水輪機是安裝在磚砌的水輪機室內。水輪機室具有從水力計算和修理時拆卸方便的观点看來的最小尺寸。水輪機的尾水管在水平方向延伸, 將尾水導至位於機器房(在圖上用虛線表示)旁邊的渠道內。

在這個圖上用虛線表明了第二部水輪機組的位置。第二部水輪機與第一部裝設在一個總的水輪機室內, 並且可以用閘牆將它與第一部隔開以便進行修理。顯然, 當修理第一台水輪機時, 整個水电站就要停止運轉。

因此, 對於兩台水輪機前後串列在一個水輪機室中的這種布置方案, 必須全部停電的修理次數比起單機組电站並沒有增加, 但是卻能縮小雙機組水輪機室的尺寸, 並簡化水輪機室的結構。

還必須指出, 雙機組电站的這種布置對於採用旋槳式水輪機的情況也是合理的(因為旋槳式水輪機的不穩定的工作性能, 在導葉開度很小的情況下將影響它的效率)。

當尾水管延長部分的直徑為 700 公厘、長度為 10 公尺、流量為 1.2 秒公方(當水頭為 4 公尺時機組的出力為 30 瓩)時, 它的水頭損失約為 0.2 公尺, 即不大於毛水頭的 5%。同時由於完全不要廠房的水下部分所節省的基建投資, 毫無疑問地將要大大地超過电站建築部分投資的 30%。

因此, 上述資料證明, 小型水电站按第二種布置方案的改進, 不但大大地減少了建築投資, 而且還可以降低電能成本。這充分證明了這個方案的合理性。

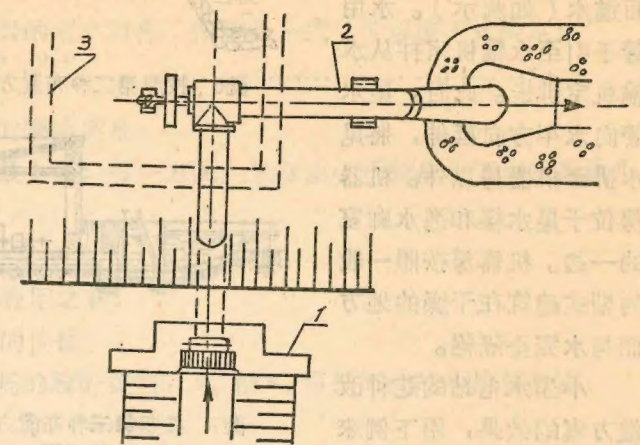


圖4 第三種方案。裝有橫軸密閉式水輪機而沒有水下建築部分的中水頭和低水頭小型水电站
1—進水廊道; 2—尾水管; 3—機器房

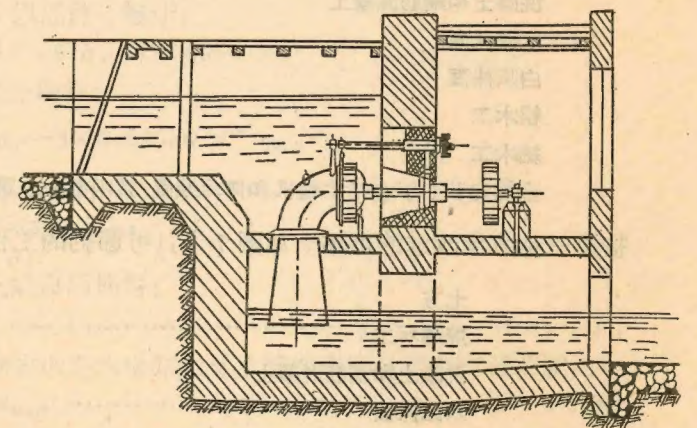


圖5 普通形式的低水頭水电站

为了比較起見，引用了圖5和圖6。

按照第三种方案，水輪机通常裝設在不大的基礎上。它的外殼可以做成各種形式（如蝸式、方形、圓錐形），并且是側面進水（如圖示）。水用管子引至水輪机室并从水輪机室排走。此时，尾水管向水平方向延伸，將尾水排至机器房以外。机器房位于尾水渠和進水廊室的一边。机器房按照一般的型式建筑在干燥的地方而与水完全隔絕。

小型水电站的这种改进方案的效果，用下例來加以說明。

在圖1中表明的按照烏茲別克电气化总局的标准設計建造的農村水电站，当水头为4公尺、流量为1.2秒公方时，它的主要的建筑工程量如下：

| | |
|-------------------------------|------------|
| 土方 | 1,200 立方公尺 |
| 鋪石 | 100 平方公尺 |
| 燒磚圬工 | 120 立方公尺 |
| 土磚圬工 | 50 立方公尺 |
| 混凝土和鋼筋混凝土 | 13 立方公尺 |
| 水泥抹面 | 210 平方公尺 |
| 白灰抹面 | 270 平方公尺 |
| 粗木工 | 100 平方公尺 |
| 細木工 | 10 平方公尺 |
| 金屬安裝（不包括水輪机和傳动裝置，該兩部分总重約1.5噸） | 350 公斤 |

按第三种方案改进的电站（如圖7），可節約的工作量如下（以百分数表示）：

| | |
|-----------|----|
| 土方 | 50 |
| 燒磚圬工 | 40 |
| 混凝土和鋼筋混凝土 | 70 |
| 水泥抹面 | 80 |

增添700公厘直徑的水管和水輪机的外殼以后，金屬安裝的工作量的增加不超过1.3噸。

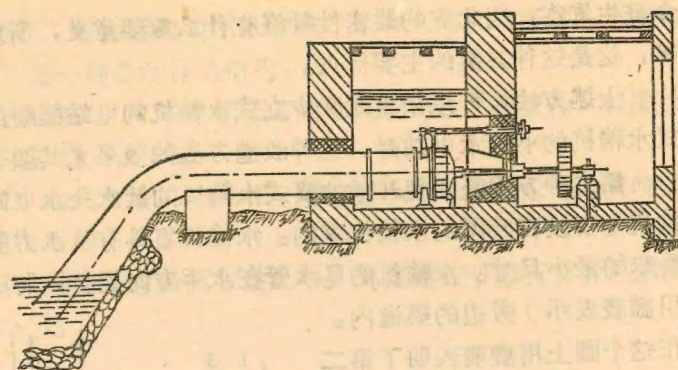


圖6 按照第二种布置方案的沒有水下建筑部分的水电站

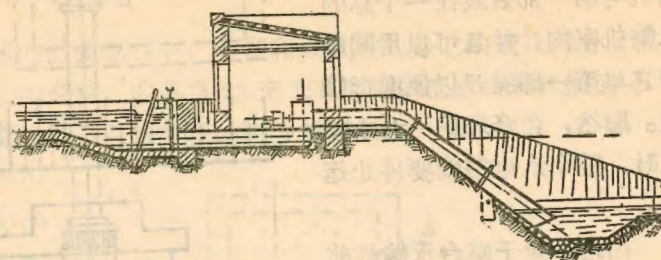


圖7 按照第三种布置方案改进以后的農村水电站（根据圖1）的略圖

由于第二种和第三种方案的尾水管中应保持有真空，管子最合適的材料是用厚度能保證嚴密焊接的鋼板。在需要时应当用角鉄做成加勁环來保證管子必要的强度（抵抗外力挤压）。在第三种方案中的压力水管的材料則有較大的选择范围。

除去結構上的要求以外，上述各方案中的尾水管的最小長度都应滿足滲漏（压力室至尾水渠的滲漏）校核計算的要求*。

沒有水下建筑部分的小型水电站的尾水管的直徑按照公式（4）应这样來确定，使加長的尾水管段中的水头损失不超过下列数值：

$$\Delta \xi_{1H\sigma p}$$

根据这个条件，尾水管加長段的最小直徑（按道西公式）可以按下式确定：

$$d_{\text{min}} = \left(\frac{0.083 \lambda l Q^2}{\Delta \xi_{1H\sigma p}} \right)^{0.2} \dots \dots \dots (5)$$

式中 $\lambda = 0.025$ ——大直徑水管的摩擦系数。

采用的尾水管的直徑应大于最小值；另一方面，它还应小于相应于下列函数最小值的經濟直徑：

$$S_1 + S_2 = f(d)$$

式中 S_1 ——年修理費用和折旧費用之和；

S_2 ——一年中损失的水能的价值。

按照烏茲別克農村电气化总局的設計資料， S_1 和 S_2 可按下列的平均值計算：

$$S_1 = \alpha p d$$

式中 $\alpha = 0.05$ ——水管的折旧和修理費用的提存系数；

$p = 800$ 盧布——1.0公尺直徑的水管每公尺長連同安裝的价格；

d ——水管直徑。

$$S_2 = \Delta N \eta_{\text{arp}} T l_{\text{en}}$$

式中 ΔN ——每公尺水管的水能損失；

$\eta_{\text{arp}} = 0.65$ ——水輪發電機組的总效率；

$l_{\text{en}} = 0.4$ 盧布/瓦时——电能成本；

$T = 3,000$ 小时——机組的年運轉小时数。

每公尺水管的水能損失（以瓦計）等于：

$$\Delta N = 9.8 Q \times 0.083 \lambda Q^2 d^{-5}$$

因此，將 $S_1 + S_2$ 对 d 微分即得：

$$\frac{d(S_1 + S_2)}{d} = \alpha p - 5 \times 0.815 \lambda Q^3 d^{-6} \eta_{\text{arp}} T l_{\text{en}}$$

由此可得水管的經濟直徑 d_{ek} 为：

$$d_{\text{ek}} = \left(\frac{5 \times 0.815 \lambda \eta_{\text{arp}} T l_{\text{en}}}{\alpha p} \right)^{1/6} \sqrt{Q} \dots \dots \dots (6)$$

如以上述平均数值代入上式以后即得：

$$d_{\text{ek}} = 1.1 \sqrt{Q} \dots \dots \dots (7)$$

因此，沒有水下建筑部分的小型水电站的尾水管的直徑 d 应在下述範圍內：

$$1.1 \sqrt{Q} > d > d_{\text{min}} \dots \dots \dots (8)$$

在上述小型水电站的各种改进方案中，加長尾水管并没有使水輪机的工作惡化

* 指的是尾水管出口的位置必需滿足水輪机室到尾水渠間地下滲透長度的計算——譯者。

(指效率和空蚀方面),在水电站的全部水能平衡中,除了加長的尾水管段內所產生的不大的水能損失以外,並沒有造成其他的水能損失。但由于加長了水平尾水管得以能將厂房布置在尾水渠的旁边,因此:

- (1) 电站樞紐完全不需要水下建筑物;
- (2) 減小了机器房基礎的深度;
- (3) 減省了开挖厂房基坑的土方工作量;
- (4) 施工时不必進行排水,并且不需要建筑圍堰;
- (5) 不必設置尾水閘門(不必修建下游的工作桥和有閘槽的支墩)。

由于所有上述有利因素,可大大地縮短施工工期,減少材料的用量和降低水电站的投資。水电站投資的降低总数大大地超过水輪机和尾水管所增加的投資数。

上述的理論根据和近似的計算表明,前面所建議的各种水电站的型式应当加以重視,并可推荐为水电站的合理型式而加以推廣。

当前設計机构的任务是制訂各种具体情况下的水电站的技術設計,以便在实际中校驗上述建議,并修正沒有水下建筑的水电站的計算方法和結構。在今后对这些电站型式所進行的理論研究任务中(其目的是拟訂水电站的各种标准設計),还应当根据水輪机水力性能的研究和修正后的技術經濟計算來确定它們在水头和流量方面的適用范围。

除了以上所說的以外,还可能有基于其他原則的小型水电站的改進方案。例如不用皮帶傳动就可以大大減小机器房的面積。如果在水头和出力的一定配合下,將CG型*發电机直接裝在轉速較高的(例如每分鐘1,000轉)橫軸水輪机上,就可以不用皮帶傳动。近似計算表明,从4~5公尺水头起始就可以这样做。

IV 尾水管的水力計算

当設計沒有水下建筑的小型水电站的加長尾水管时,主要問題之一就是确定当調節導叶时尾水管內由于水錘而產生的最大压力降低。

当水管中產生水錘时压力波往返一次的时间等于:

$$t = \frac{2l}{c} \approx \frac{l}{500}$$

式中 l ——水管長度(公尺);

$c \approx 1,000$ ——音波在水中的速度(考慮了鋼管管壁的彈性);

t ——時間(秒)。

由上式可見,在長度小于50公尺的水管中,水錘压力波往返的时间約为百分之几秒。因之,在長度通常小于50公尺的加長的尾水管內,由于水輪机的導叶关闭得很緩慢(特别是当采用手动調速时),不应当是直接水錘。

因此,沒有水下建筑的小型水电站的加長的尾水管,应当按間接水錘來計算,这种水錘通常是小于直接水錘的。

最危險的是当水輪机正在滿出力工作时將水輪机導叶全部关闭而產生的压力降低。此时,尾水管中的流速变化达到它的最大值,也就是等于流速值。

* 農村水电站中發电机最常用的型式。

在下面引用有名的均匀断面水管中的間接水錘的近似計算公式(米苏公式)和圓錐形擴散水管的近似計算公式(夏伯夫公式),以及根据上述二式得到的計算断面变化的加長的尾水管的普遍公式。

1. 均匀断面的水管

(A) 直接水錘

关闭水管的时间:

$$T \leq \frac{2l}{c} \quad \text{且} \quad v_T = 0$$

按照动量和冲量定理(見圖8)可得:

$$\omega \Delta p \cdot dt = \rho V_0 dx \cdot \omega$$

式中 ω ——水管横断面面积;

V_0 ——起始流速(当 $t=0$ 时);

v_T ——終了流速(当 $t=T$ 时);

ρ ——流体密度;

Δp ——水錘的压力降低。

由于 $\frac{dx}{dt} = c$ ——即水錘压力波的傳播速度,則

$$\Delta p = \rho c V_0 \dots \dots \dots \text{儒可夫斯基公式(9)}$$

Δp 是任一水管断面(x)上的压力,与管子的長度无关。

(B) 間接水錘

关闭水管的时间:

$$T > \frac{2l}{c} \quad \text{且} \quad v_T = 0$$

在这种情况下,在任意取的水管断面(x)中發生最大压力降低(圖9)的时间为:

$$t = \frac{2(l-x)}{c}$$

这时水管中的流速还没有等于零。

压力降低等于:

$$\Delta p_x = \rho \cdot c (V_0 - v_t)$$

式中 $v_t = f(t)$ —— t 时的速度。

为了确定这一速度,应当知道水輪机導叶按时间的关闭規律。这个問題的最簡單的解答是借下述假定獲得的,即相等时段內水管中流速的变化相等。根据阿利也維的精确研究指出,在这假定下算出的水錘略大于实际的水錘,亦即根据这一假定所進行的計算是略偏于安全的。

如假定流速随时间是直綫变化,即得:

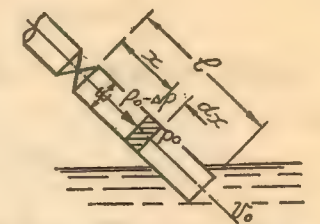


圖8 当導叶突然关闭时,尾水管中的直接水錘的傳播圖

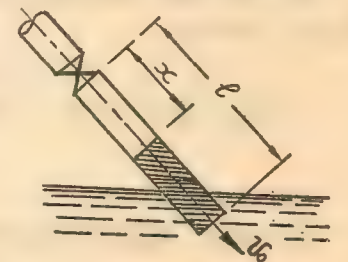


圖9 当導叶緩慢关闭时,尾水管中的間接水錘的傳播圖

$$V = V_0 \left(1 - \frac{t}{T} \right)$$

由此

$$V_t = V_0 \left(1 - \frac{2(l-x)}{c \cdot T} \right)$$

和

$$\Delta p_x = \rho \cdot c \left(V_0 - V_t + \frac{2(l-x)V_0}{c \cdot T} \right) = \frac{2\rho(l-x)V_0}{T}$$

或是

$$\frac{\Delta p_x}{\gamma} = \Delta H_x = \frac{2(l-x)V_0}{gT} \dots\dots\dots(10)$$

因此在这种情况下，水锤的压力降低沿着管长而变化，当 $x=0$ 时其数值为最大：

$$\Delta H_{\text{макс}} = \frac{2lV_0}{gT} \dots\dots\dots \text{米苏公式(11)}$$

公式(10)表明，当产生间接水锤时，在水管断面(x)上所产生现象就好像图9上阴影线所示的流体部分断开一样。

在一般情况下，按照马尔德基(Маркетти)的意见，当满足下列条件时米苏公式是可以采用的：

$$\Delta H_{\text{макс}} \leq 2.2H$$

很明显，对于尾水管，应将吸出高度($H_{\text{во}}$)代入马尔德基方程式的右边。

2. 圆锥形扩散水管

这个情形，仅研究间接水锤。关闭水管的时间为：

$$T > \frac{2l}{c} \quad \text{且} \quad V_T = 0$$

根据米苏公式，在水管首端(图10中断面1)的最大压力降低等于：

$$\Delta H_1 = \frac{2}{gT} \int_0^l V_x \cdot dx \dots\dots\dots(12)$$

式中 $V_x = V_1 \frac{\omega_1}{\omega_x} = V_1 \left(\frac{D_1}{D_x} \right)^2$ 。

对于具有固定圆锥角的水管：

$$D_x = D_1 + (D_2 - D_1) \frac{x}{l}$$

和

$$D_x^2 = D_1^2 + 2D_1(D_2 - D_1) \frac{x}{l} + (D_2 - D_1)^2 \left(\frac{x}{l} \right)^2$$

将 D_x^2 代入 V_x 式，然后再将 V_x 代入公式(12)内即得：

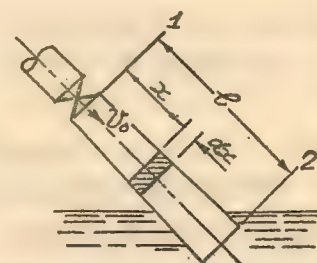


图10 圆锥形水管中的间接水锤的传播图

$$\Delta H_1 = \frac{2V_1 D_1^2}{gT} \int_0^l \frac{dx}{D_1^2 + 2D_1(D_2 - D_1) \frac{x}{l} + (D_2 - D_1)^2 \left(\frac{x}{l} \right)^2}$$

上式右端的积分可写成如下的形式：

$$\int \frac{dx}{a + 2bx + cx^2}$$

式中 $a = D_1^2$; $b = D_1(D_2 - D_1) \frac{1}{l}$; $c = \left(\frac{D_2 - D_1}{l} \right)^2$ 。

此时 $ac = \left(\frac{D_1(D_2 - D_1)}{l} \right)^2 = b^2$ 。

因此

$$\begin{aligned} \int \frac{dx}{a + 2bx + cx^2} &= \frac{1}{b + cx} + C = \frac{1}{D_1(D_2 - D_1) \frac{x}{l} + (D_2 - D_1)^2 \frac{x^2}{l^2}} + C = \\ &= \frac{l}{D_1(D_2 - D_1) + (D_2 - D_1)^2 \frac{x}{l}} + C \end{aligned}$$

因此，由0积分至 l ，即求得扩散的圆锥形尾水管首端处的最大压力降低如下：

$$\begin{aligned} \Delta H_1 &= \frac{2lV_1 D_1^2}{gT} \left\{ \frac{-1}{D_1(D_2 - D_1) + (D_2 - D_1)^2 \frac{x}{l}} \right\}_0^l = \frac{2lV_1 D_1^2}{gT} \left\{ \frac{-1}{D_1(D_2 - D_1) + (D_2 - D_1)^2} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{1}{D_1(D_2 - D_1)} \right\} = \frac{2lV_1 D_1^2}{gT} \frac{D_1(D_2 - D_1) + (D_2 - D_1)^2 - D_1(D_2 - D_1)}{D_1(D_2 - D_1)[D_1(D_2 - D_1) + (D_2 - D_1)^2]} \\ &= \frac{2V_1 D_1}{gT} \frac{D_2 - D_1}{D_1(D_2 - D_1) + (D_2 - D_1)^2} = \frac{2lV_1 D_1}{gT} \frac{1}{D_1 + D_2 - D_1} \end{aligned}$$

由此

$$\Delta H_1 = \frac{2lV_1}{gT} \times \frac{D_1}{D_2} \dots\dots\dots(13)$$

或

$$\Delta H_1 = \frac{2lV_1}{gT} \sqrt{\frac{\omega_1}{\omega_2}} \dots\dots\dots \text{夏伯夫公式(14)}$$

式中 $\omega = \frac{\pi}{4} D^2$ 。

当 $D_2 = D_1$ 时，公式(13)和(14)即变为米苏公式(11)

3. 由圆锥形和圆柱形管段组成的尾水管

当水轮机在 T 时间内 (T 应大于 $\frac{2l}{c}$) 全部关闭的情况下，在尾水管断面(1)处的最大压力降低(见图11)等于：

$$\Delta H_1 = \frac{2}{gT} \int_0^l v_x \cdot dx$$

水管全長 $l = \sum_1^n l_i$

將總積分寫成各管段的部分積分之和即：

$$\Delta H_1 = \frac{2}{gT} \sum_1^n \left(\int_0^{l_i} v_x dx \right) \dots\dots\dots (15)$$

按照公式(13)，部分積分的普遍式為：

$$\int_0^{l_i} v_x dx = l_i v_1 \frac{D_1}{D_{i+1}}$$

式中 $v_1 = v_1 \left(\frac{D_1}{D_i} \right)^2$ ，

經代入以後即得：

$$\int_0^{l_i} v_x dx = l_i v_1 \frac{D_1^2}{D_1 \cdot D_{i+1}} \dots\dots\dots (16)$$

將普遍式(16)的部分積分值代入(15)以後，即得断面变化的加長的尾水管的水錘計算普遍公式：

$$\Delta H_{\text{max}} = \frac{2v_1}{gT} \sum_1^n \left(l_i \frac{D_1^2}{D_1 \cdot D_{i+1}} \right) \dots\dots\dots (17)$$

在个别情況下，對於最典型的加長的尾水管（見圖11）這一公式具有下列形式：

$$\Delta H_{\text{max}} = \frac{2v_1}{gT} \left(l_1 \frac{D_1}{D_2} + l_2 \frac{D_1^2}{D_2^2} + l_3 \frac{D_1^2}{D_2 \cdot D_4} \right) \dots\dots\dots (18)$$

公式(17)和(18)的括号中的数值，是尾水管將直徑化算為 D_1 後的全長。

按照上面馬爾基基的条件，(18)和(17)式適用於下述数值範圍內

$$\Delta H_{\text{max}} < 2.2 H_{\text{BC}} \dots\dots\dots (19)$$

因此，公式(17)和(19)以及公式(18)是近似計算加長的尾水管的水錘的基本公式。

此外，還应当按一般的水力阻力公式校核尾水管內的水頭損失，而吸出高度則根據空蝕來校核。當校核空蝕時，建議不計入尾水管內的水頭損失（此係偏向安全），而橫軸水輪機的尾水管的吸出高度，則應自水輪機的出口的頂點算起。

（唐仲南譯，王顯煥校）

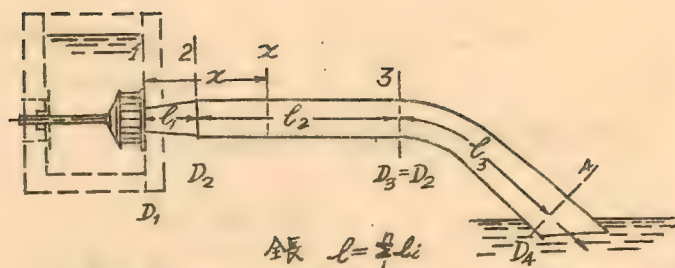


圖11 由圓筒形錐形和圓管段組成的尾水管。

三、小型水电站的机械和电气設計的參考資料

水利部北京勘测設計院水电組

1. 机械設計資料

在小型水电站的設計中，机械方面的主要問題是水輪機的选择；因此，本文主要介紹有关这一方面的資料。

（一）出力小于150馬力的小型水輪機

目前为了節省小型水电站的投資和便于各地就地制造水輪機，选择小型水輪機的原則應是：①構造簡單，能就地制造；②价錢便宜；③轉速高，减少傳动設備。

各种水輪機比較適宜的使用範圍大致是这样：上冲式木制水輪機適用於3公尺至6公尺的水頭，水頭太大，則水輪轉子的直徑也很大，重量也大，这样就太笨重，運轉不方便；开敞式木制旋槳式水輪機適用於小于6公尺的水頭；兩击式水輪機適用於大于8公尺的水頭。水頭在6公尺与8公尺之間時，按流量大小來選擇：流量小于1秒公方者，採用兩击式水輪機，流量大于1秒公方者，採用木制旋槳式水輪機。以上几种水輪機的構造都比較簡單，可以就地制造，价錢也便宜，適宜于目前小型水电建設的条件。

將來的小型水电站，要考慮效率較高而水輪機可以成套制造，它比較適宜的条件是：水頭从1.5公尺到6公尺的，採用开敞式木制旋槳式水輪機；水頭从6公尺到16公尺的，採用袖珍式成套水电机组（鉄制旋槳式）；水頭在16公尺到60公尺的，採用兩击式水輪機。

一、各种水輪機的技术数据介紹

（甲）上冲式木制水輪機

上冲式水輪機的直徑較利用水頭約小0.8至1.2公尺左右，水輪的切綫速度一般用1.5至2.0秒公尺，轉数按下式計算：

$$n = \frac{60u_1}{D\pi}, \text{ 式中 } u_1 = 1.5 \sim 2.0 \text{ 秒公尺}$$

一般的轉速都很慢。由于笨重和轉速慢，不如選用兩击式水輪机較為合適。

(乙) 开敞式木製旋槳式水輪机

(根据 Д.Я. Соколов 著“小型水电站的水輪机”一書，可參看本書“木製旋槳式水輪机及其應用”一文)。轉子有 9 种尺寸，轉子直徑从 0.3 公尺至 1.2 公尺，它們可適應：水头自 1.5 公尺至 6.0 公尺；流量自 113 秒公升至 4,380 秒公升；它們的出力自 1.7 馬力至 155 馬力。

如果設計時，实际水头和流量的配合不同于 9 种标准尺寸的，可根据标准尺寸水輪机轉子的 Q_1, n_1 和 N_1 ，用下列各相似公式計算所需要的 Q_2, n_2 和 N_2 。即已知 D_1, H_1, n_1, Q_1, N_1 和实际水头 H_2 ，求当实际水头 H_2 和 D_1 时的 Q_2, n_2 和 N_2 ，公式如下：

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\sqrt{H_1}}{\sqrt{H_2}}; \quad \frac{N_1}{N_2} = \frac{H_1 \sqrt{H_1}}{H_2 \sqrt{H_2}}$$

(丙) 袖珍式水电机組

匈牙利專家賀尔莫世同志曾在某次談話中建議我們制造三种成套的袖珍式小型水电机組，我們擬建議水輪机制造厂試制，这三种机組的規格如下表所列。

| 水 头 (公尺) | 最大出力 (馬力) | 蜗管進口直徑 (公厘) | 導水管直徑 (公厘) |
|----------|-----------|-------------|------------|
| 6~16 | 20 | 400 | 500 |
| 6~16 | 50 | 600 | 750 |
| 6~16 | 100 | 900 | 1,000 |

成套水电机組的構件包括：蜗壳、水輪机、發电机和配电盤；这种机組安放在戶外和戶內均可。20 馬力的一种，匈牙利已大量制造，需要時可向匈牙利訂貨。

(丁) 兩击式水輪机

关于这一种水輪机，匈牙利有詳細資料，这里只介紹一个大概情况。

匈牙利的兩击式水輪机有 A、B、C、D 四种型式，每种标准类型的轉子直徑 D 是固定的，每种型式又分 5~9 种轉子宽度。为適應較大水量，又把它分成單轉子和雙轉子兩大类。各种类型的主要尺寸如下表：

| 型 号 | 水 头 (公尺) | 流 量 (秒公升) | 出 力 (馬力) | 轉子直徑 D (公厘) | D/d^* |
|-----|----------|-----------|------------|---------------|---------|
| A | 2.6~60 | 19~74 | 1.26~37 | 220 | 6 |
| 2A | 2.6~60 | 26~154 | 1.28~75 | 220 | 6 |
| B | 1.4~30 | 45~280 | 1.1~75 | 450 | 6 |
| 2B | 1.4~30 | 79~560 | 1.5~148 | 450 | 6 |
| C | 1.4~10 | 91~528 | 2.75~51.2 | 620 | 4.5 |
| 2C | 1.4~10 | 133~1,024 | 2.53~102.5 | 620 | 4.5 |
| D | 1.4~5 | 143~538 | 2.93~26 | 800 | 4.5 |
| 2D | 1.4~5 | 211~1,076 | 3.55~52 | 800 | 4.5 |

* 为噴嘴喉头高度。

这一种型式的水輪机中，C、D、2C 和 2D 四类的主軸不通过水輪机轉子中心，而 A、B、2A 和 2B 四类的主軸則通过轉子中心。主軸不通过轉子，是为了避免水流冲击主軸，因而减低效率。

选用这一种水輪机時，先按实际的水头 (H_p) 和流量 (Q_p) 查出轉子直徑后 (即选定型式)，按下列公式計算轉子的宽度 B_p ：

$$B_p = Q_p / 0.445 D \sqrt{H_p} \quad (\text{用于 A, C 类型});$$

$$B_p = Q_p / 0.425 D \sqrt{H_p} \quad (\text{用于 B, D 类型}).$$

式中

H_p 、 B_p 和 D 的單位是以公尺計；

Q_p 以秒公方計。

如果选用标准类型則可以 B_p 对照标准尺寸，选一个 B 与 B_p 相近的水輪机，然后返回計算：

$$Q_p = 0.445 D \sqrt{H_p} \cdot B \quad (\text{用于 A, C 类型});$$

$$Q_p = 0.425 D \sqrt{H_p} \cdot B \quad (\text{用于 B, D 类型}).$$

$$n = 42 \sqrt{H_p} / D \quad \text{轉/分};$$

$$N = 10 Q_p H_p \quad \text{馬力}.$$

二、各种水輪机的制造、安裝和性能的說明

(甲) 木製旋槳式水輪机

導水裝置：鉄制旋槳式水輪机都采用迴轉式活动導水叶，木製旋槳式水輪机的木製導水叶如果也制成活动的，則構造复雜，制造困难，又不灵活。因此，建議采用迴轉式固定導水叶，而用圓筒式閘門控制流量，調整水輪机的轉速。在設計中采用圓筒閘門時，应將導水叶的外徑 (D_A) 縮小，根据試驗成果 $D_A/D = 1.39$ 为最好 (D 为轉子直徑)。〔參看 Квятковский 著“小型水輪机”第 170 頁及 Котенев 著，趙大金譯的“小型水輪机轉速与出力調整”第 30 頁〕。

厂房布置：厂房所需面積由水輪机室和傳动設備所需尺寸确定。水輪机室尺寸的确定可參照 Соколов 所著“小型水电站的水輪机”一書第 145~164 頁所建議的数据和計算公式 (該文已譯出，見本書“木製旋槳式水輪机及其應用”一文)。

木製旋槳式水輪机的轉速都較低，需利用傳动設備改变轉速，方能与發电机連接。变速傳动設備可用皮帶或齒輪。关于皮帶輪裝置的規定，可參照“農村水电站”139~142 頁及“小型水电站的水輪机”160 頁。

采用木製旋槳式水輪机的水电站厂房的高度，由以下几部分來确定：

① 水輪机的安裝高程必須保證最低上游水位高于導水叶頂以上 0.5 公尺，以避免空气随水流卷入水輪机。可用下列公式計算：

$$h_0 \geq B_1 + \Delta H + 0.70 \quad (\text{單位为公尺}) \quad (\text{見 Соколов 書 146 頁，本書 43 頁})$$

式中 h_0 ——上游正常水位与水輪机室底的高差；

B_1 ——水輪機導水葉的高度；

ΔH ——上游正常水位與最低水位差。

②尾水管下緣必須沒入下游最低水位 0.3 公尺，以避免空氣進入尾水管影響水流。

③尾水管下緣高出尾水渠底 1~1.5 倍水輪機轉子直徑 D 的尺寸，使尾水流動暢順。

木水輪機，如果維護得好，壽命可達 8~10 年。

(乙) 袖珍式成套水電機組

水輪機為旋槳式，出力為 20 馬力的，直徑為 250 公厘，轉速為 1,500 轉/分鐘。轉子的輪葉數目：低水頭（6 公尺左右的）為 4 片；高水頭（16 公尺左右的）為 6 片。利用上下移動的圓筒式閘門調速。發電機為直立式，與水輪機直接聯動，它的電壓為 400/230 伏。

目前我國尚無產品，需向匈牙利訂貨。訂貨後一年交貨。全套設備，包括配電板在內，總價為 12,500 盧布。

(丙) 兩舌式水輪機

水輪機的製造可採用兩種方法：一種是全部用鑄鋼澆鑄而成，一種是用鋼板焊接而成。製造方式的選定，視水輪機尺寸大小和當地製造條件而定。一般情況，當水頭小於 20 公尺時可用鋼板焊接；當水頭大於 20 公尺時可澆制。它的輪葉都可用各種直徑和厚度適宜（大約 3 至 5 公厘）的鋼管劈開成 4 片或 6 片做成。

調速方式，一般都採用手調速。其方式可採用轉動噴嘴下的活瓣或移動噴嘴內的插板兩種。

兩舌式水輪機的安裝高程：水輪機下緣必須高出平常尾水位 20 至 40 公分，以避免水流影響水輪機的轉動。如果在汛期洪水要淹沒水輪機，則水輪機的軸承必須考慮防水，傳動設備和發電機則必須與水輪機隔開；這樣當尾水淹沒水輪機時，仍可以運轉，而效率則稍減。

兩舌式水輪機的效率（ η ），幾乎不隨負荷大小而變化，負荷超過水輪機全出力的 50% 時，效率可大致保持 80% 左右。

水輪機的价格，約估為 4,000 元，在設計中可按重量大小和加工費多少計算。

(二) 出力大於 150 馬力的水輪機

出力大於 150 馬力的水輪機，目前還沒有構造比較簡單和製造方便的型式，所以必須向水輪機製造廠訂貨。訂貨手續可向第一機械工業部第四機器工業管理局詢問。訂貨後約四個至八個月交貨，產品尚未標準化，需個別設計。

下面表格中所列的數據，是解放以後所製造的一些小型水輪機的規格。如果設計中水頭流量與表中所列數字相近的，可以選用表中所列的型號和尺寸，這樣可節省水輪機設計和製造的人力和時間（表中所列價格都系製造時的價格，只作參考之用）。

| 編 號 | 出力(馬力) | 水 量 (秒公方) | 水頭(公尺) | 轉速(轉/分) | 約估價格(元) | 型 式 |
|--------|--------|--------------|--------|---------|---------|----------|
| PR-101 | 430 | 0.5 | 83 | 600 | | |
| FT-101 | 1,400 | 3.0 | 43 | 600 | 30,000 | 法蘭西斯 |
| FT-103 | 220 | 1.8 | 12 | 600 | | 法蘭西斯 |
| FT-104 | 50 | 0.33 | 15 | 1,000 | 6,000 | 法蘭西斯 |
| FT-105 | 110 | 0.65 | 17 | 1,000 | 18,000 | 法蘭西斯 |
| FT-106 | 251 | 0.4 | 57 | 600 | 18,000 | 法蘭西斯 |
| FT-107 | 550 | 1.5 | 34 | 375 | 50,000 | 法蘭西斯 |
| KT-101 | 100 | 1 | 9.5 | 800 | 8,000 | 卡普蘭 |
| KT-102 | 450 | 12 | 3.7 | 187.5 | 57,000 | 卡普蘭 |
| PT-101 | 134 | 2.2 | 5.4 | 500 | 18,000 | 旋槳式 |
| FT-108 | 175 | 0.8 | 20 | 500 | 15,000 | 法蘭西斯 |
| PR-104 | 45 | 0.1 | 45 | 500 | | 衝擊式 |
| PR-103 | 600 | 0.28 | 200 | 1,000 | 13,000 | 衝擊式(雙噴嘴) |
| PT-102 | 150 | 1.0 | 15 | 1,000 | | 旋槳式 |

2. 電氣設計資料

一、用电量估算

根據我們在個別地區調查的資料：

①農村照明用電——每戶（4~5 人的）20~30 瓦。用電戶占住戶的比率，視住戶的密集程度、生活水平與電廠經營管理情況而定。

②小城市照明用電——住戶與小商店每戶 35~40 瓦，用戶可達住戶的 100%。大商店與機關團體學校等，按房間大小與房間多少而定。

③碾米機：

每台機生產率（市斤/小時） 動力（馬力）

500 10

2,000 15

④脫谷機：每 8 小時脫谷 35,000~40,000 市斤的，需用動力 3~4 馬力。

⑤磨面：磨面機（天津造）——每台生產 0.4 噸/小時，需用動力 12 馬力。

面粉廠——半人工、三班制、每天生產 220 袋（每袋 50 市斤），需 12~15 馬力。自動化、三班制、每月生產 100,000 袋，需 300 馬力（其中包括磨面機 12 台合 150 馬力，篩面 75 馬力，洗麥 61 馬力，包裝 8 馬力，水泵 6 馬力）。折合每袋用電 1.4 度。

⑥榨油：三班制、每天榨原料 10 噸的，需用 15 馬力；每天榨原料 600 公斤的，需用 5 馬力。

⑦灌溉：可根據灌溉定額、抽水高程和抽水機效率計算。粗略計算，可按每畝灌田 50 畝計。

關於蘇聯的用電定額，根據一些書本上和規程上的定額綜合介紹如下，供參考

用。有些数字与我国实际用电定额相近。

1.耕地——每公顷耗电量为45度。实用中采用45 α 度， $\alpha=2.5\sim4.0$ 之间。容量为45瓩的拖拉机，每年耕地约为500公顷。

2.脱粒——用电量6~12度/吨。

3.洗麦(扬麦)——0.2~0.4度/吨。

4.磨粉：

| 生产率(公斤/小时) | 机器容量(瓩) | 用电率(度/吨) |
|------------|---------|----------|
| 200 | 8 | 40 |
| 350 | 9 | 27 |
| 500 | 13 | 26 |
| 650 | 15 | 23 |

5.小型榨油：

| 生产率(公斤/小时) | 机器容量(马力) | 用电率(度/吨) |
|------------|----------|----------|
| 50 | 6 | 90 |
| 100 | 8 | 60 |
| 150 | 12 | 60 |
| 250 | 15 | 45 |
| 300 | 17 | 40 |

6.农村照明用电：

| 类别 | 安装容量(瓩) | 年利用小时数(小时) | 同时率 |
|----------|---------|-------------|---------|
| 住宅(100户) | 3.5 | 1,200~1,500 | 0.8~0.9 |
| 公共建筑 | 1.0~1.5 | 1,000 | 0.8 |
| 路灯(每公里) | 0.8~1.5 | 2,000 | 1.0 |

7.居民生活用水40~80公升/天。每1,000个居民点所需用的电动抽水机的用电量为1.0~2.5瓩，年利用小时数为4,000小时。按此计算，每人每年分摊生活用水的用电量为4~10度。

二、发电机的规格尺寸

可从第一机械工业部的1955年产品样本上查得，亦可参看Гвоздев等所著的“农村水电站设备”一书第110页61图及112页第60表。

三、输电线路设计

①电压选择：一般可按下表确定。

| 电压(伏) | 输电距离(公里) | 材料 | 最大容量(瓩) |
|---------|----------|------------|---------|
| 380/220 | 1.0~1.5 | 铜绞线 | 20~30 |
| 6,000 | 3~8 | 铁导线(4~5公厘) | 30~50 |
| | 3~12 | 铜导线 | |
| 10,000 | 15~18 | 铜导线 | 100以上 |

②导线计算：一般以电压总降落不超过10%为控制条件。为了节约用铜，应尽量使用铁线(详见“农村水电站”265页)。

定线号——根据输电容量 P (瓩)和输电距离 L (公里)选定电压；根据 P 、 L 与电压，可查“农村水电站”288~295的诺模图来决定线号。

例如： $P=350$ 瓩； $L=6$ 公里，选定电压为6,000伏，材料为铜线。

查187图知：

若用 $M-16$ 号线(裸铜线， $A=16$ 平方公厘)，则每公里电压降落为 $e(\%)=1.37$ 。

$$\frac{10}{1.37}=7.3\text{公里}>6\text{公里}\quad(\text{合格})$$

[注意：铜线 $A<10$ 平方公厘和铝线 $A<16$ 平方公厘的不许作高压线。]

导线重量，可查“农村水电站”265~271页表。

例：查265页87表， $M-16$ 号线每1,000公尺重145公斤。6公里输电线的长度为 $3\times6\times1,000=18,000$ 公尺，共需导线重 $\frac{18,000}{4,000}\times145=2,610$ 公斤。

导线的价格——铁导线每吨1,000元；铜导线每吨约6,000~7,800元；铝导线每吨约4,300~5,900元。导线愈细愈贵。

③电线杆：电杆档距一般可用50公尺。低压线杆长7~8.5公尺；高压直线杆杆长8~9公尺，不够长时可接腿。线杆埋入地下的深度与土质有关，一般为杆长的六分之一即1.3~1.5公尺。线杆梢径一般规定为16公分，但10~13公分的亦可使用。

④“二线——地”制输电： “二线——地”制输电利用大地作为一根导线，只用于升压变压器与降压变压器之间。在三相输电时，只需架两根线；在单相输电时，只需架一根线。大约可节省30%的导线、磁瓶、铁脚等的投资，且可将电线杆档距加大，减少线杆木材。采用“二线——地”制输电时，需特别注意导线接地问题。

由于本资料的编写是为了应各地急需，再加上我们又缺乏机械和电气方面的知识、经验，因此在资料内容上是零星的，不全面的，也可能有错误。希望同志们加以补充和指正。

四、兩击式水輪机的設計和应用

水利部北京勘测設計院水电組

一、兩击式水輪机的適用范围

兩击式水輪机的特性速 $n_s = 30 \sim 150$ 。是介乎輻流式和冲击式水輪机之間而適用用于小型水电站（出力小于 130 瓩）的一种水輪机。它可适用于水头 6~60 公尺；出力 10~130 瓩。在水头小于 6 公尺而出力很小时也可以采用。

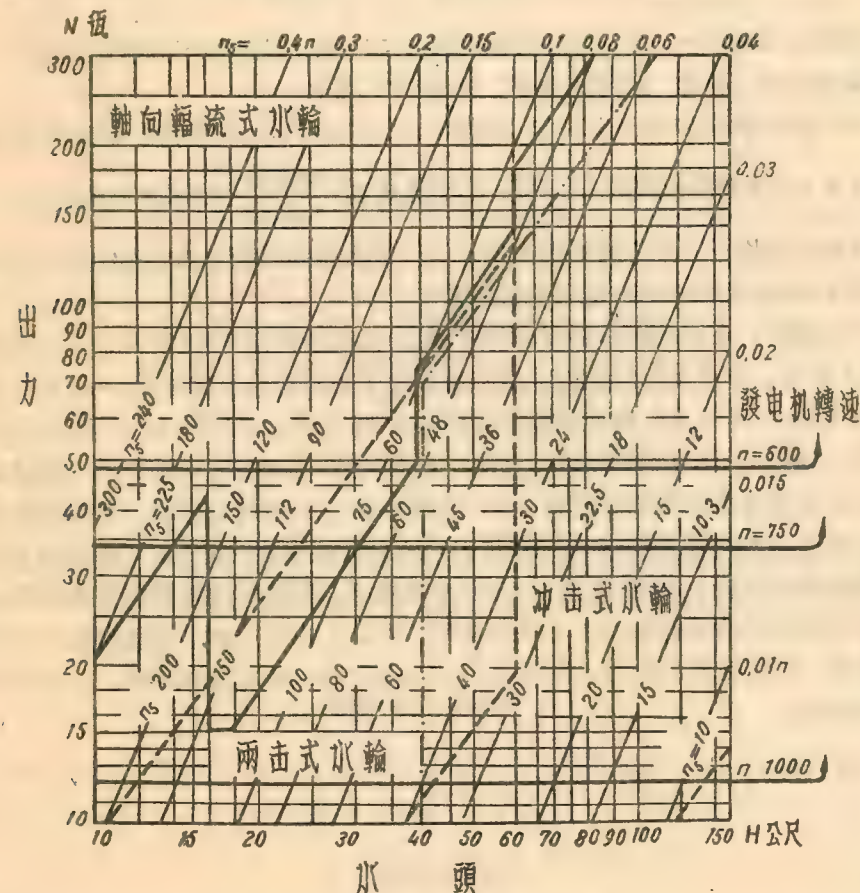


圖1 各种小型水輪机的適用范围

——輻流式水輪机適用范围； ---兩击式水輪机適用范围； ———冲击式水輪机適用范围

由圖 1 中可見：兩击式水輪机的出力在 14~34 瓩之間的可与轉速为 1,000 轉/分的發电机直接联动；出力在 34~48 瓩之間的可与轉速为 750 轉/分的發电机直接联动；出力在 48~130 瓩之間的可与轉速为 600 轉/分的發电机直接联动。

二、兩击式水輪机的特性

兩击式水輪机与上击式水輪机外形相似但直徑小很多，它們的轉动原理則完全不同。兩击式水輪机是利用水的冲力來轉动，而上击式則是利用水的重力來轉动。由于兩击式水輪机是利用冲力，因此它的轉子直徑（与上击式比較）就可以做得很小。

兩击式水輪机的另一个特点是水冲進水輪机轉子以后被利用兩次才泄入尾水渠。第一次冲击轉子叶片时有全部能量的 83% 被利用，第二次冲击叶片时又被利用了其余的 17%。

兩击式水輪机的效率和它的叶片数有关系。根据苏联工程师 Черкасов 研究的結果，叶片数与最优效率的关系如右表。

| 轉子叶片数 | 最优效率(%) |
|-------|---------|
| 12 | 60 |
| 20 | 81 |
| 48 | 87 |

同时，轉子叶片数愈多，在負荷变化时，效率的变化愈小。通常采用的叶片数为 24 片。

兩击式水輪机的效率还和轉子叶片的形状有关系。叶片形状有二种：一种是圓弧

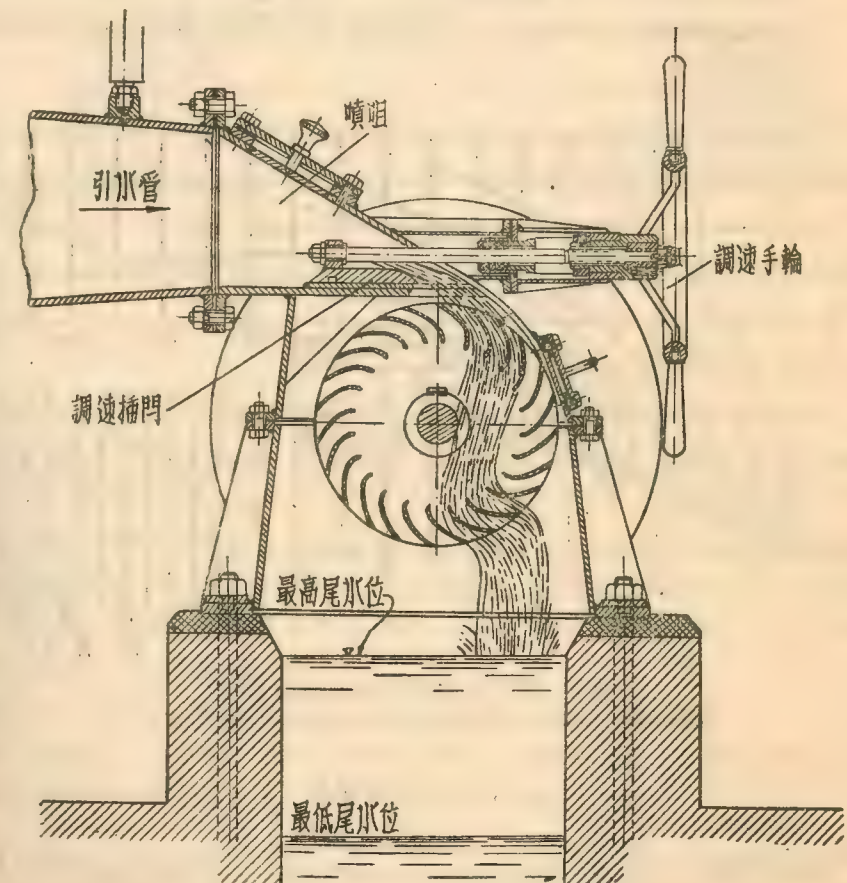


圖2 兩击式水輪机的裝置和过水情况圖

形；另一种是渐开线形。渐开线形叶片比圆弧形叶片的效率高5~6%。为简化起见，全苏水利机械制造科学研究所（ВИГМ）建议采用二个不同圆弧接成的叶片形状（见图5）。

三、兩击式水輪机的設計

1. 代号說明

- D_1 ——轉子外徑，以公尺計，輪葉片的進口邊緣全位于以 D_1 为直徑的圓周上；
 D_2 ——轉子內徑，以公尺計，輪葉片的出口邊緣全位于以 D_2 为直徑的圓周上；
 B ——轉子葉片的長度，以公尺計，即为叶片兩端支承盤的間距；
 d ——噴嘴高度，以公尺計，垂直于噴嘴軸線的最小截面的高度，約为 $(1/6 \sim 1/10)D_1$ ；
 b ——噴嘴寬度，以公尺計，为 $0.8B$ ；
 n ——水輪机轉速，以每分鐘轉數計；
 u ——叶片外緣的圓周切綫速度，以秒公尺計；
 N ——水輪机出力，以馬力計，等于 $10QH$ ；
 Q ——引用流量，以秒公方計；
 H ——水輪机所受的壓力水頭，以公尺計，等于上下游水位差減引水設備中的水頭損失。

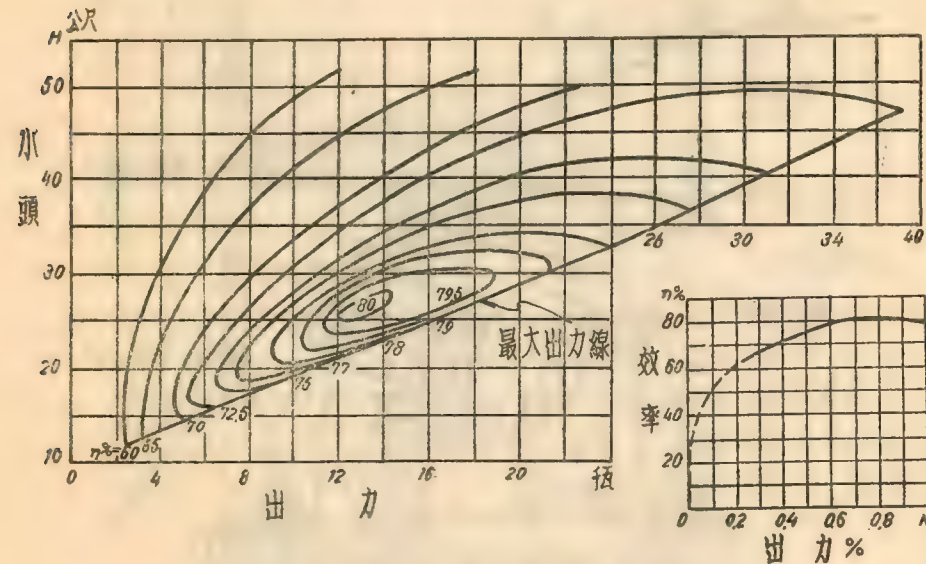


圖3 兩击式水輪机的效率曲綫
試驗用轉子（№ 5） $D=88$ 公分， $B=10$ 公分， $n=75$ 轉/分。

2. D_1 、 B 、 n 和 N 的計算

$$\text{轉子外緣的速度 } u = \frac{\pi D_1 n}{60} \dots \dots \dots (1)$$

这一种冲击式水輪机的 u 值采用 $0.5\sqrt{2gH}$ 为适当。丕尔顿式（冲击式）水輪机的 u 值采用 $0.45\sqrt{2gH}$ ，是因为它的直徑是从勺子中心算起的，而兩击式水輪机的轉

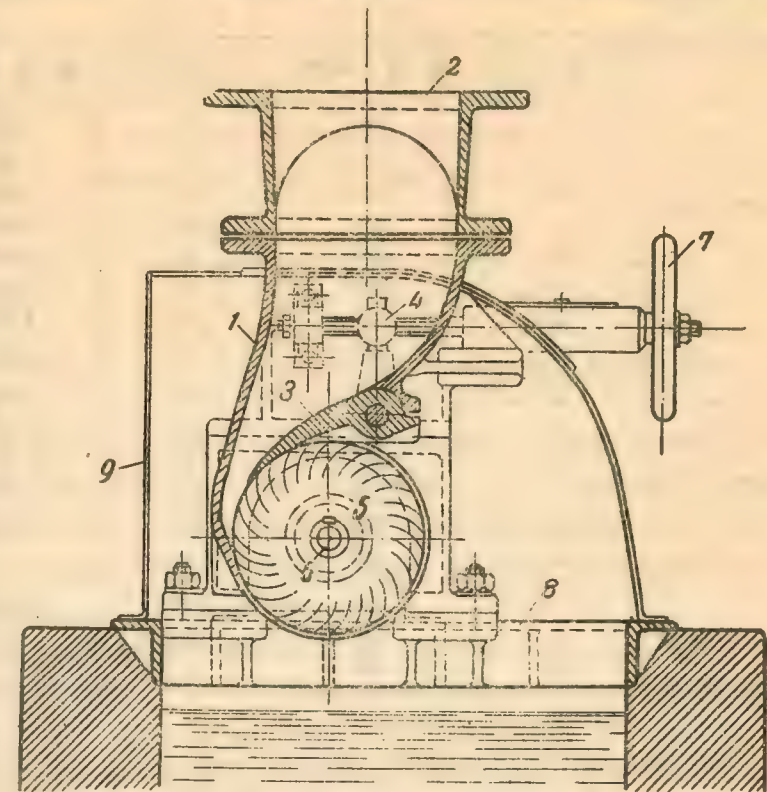


圖4 兩击式水輪机的主要構件圖

- 1—噴嘴；2—進口；3—調節舌瓣；4—調節用球形联接器；5—轉子；6—主軸；
7—調速手輪；8—基座；9—外壳。

子直徑是从外緣算起的，所以以用 0.5 为合適。以 $u=0.5\sqrt{2gH}$ 代入 (1) 式則为：

$$0.5\sqrt{2gH} = \frac{\pi D_1 n}{60}$$

$$D_1 = 42 \frac{\sqrt{H}}{n} \dots \dots \dots (2)$$

由 (2) 式可見，水輪机的直徑与水头和轉速有关，在选定直徑时应考慮到与發电机联动的合理轉速。当然也不能为了使轉速很高而把直徑弄得很小，使得叶片数减少而降低水輪机效率。根据匈牙利的經驗，在設計中可采用下頁表中所列的轉子直徑、轉速和水头的关系数据。

內徑 D_2 可采用 $(0.63 \sim 0.68) D_1$ ，一般可用 $0.65 D_1$ 。

轉子的長度 B 与噴嘴口的寬度和高度有关，而噴嘴的寬度与高度又与噴嘴所噴出的流量（即水輪机設計流量）和流速有关，它的关系式如下：

$$Q = bd\varphi\sqrt{2gH}$$

式中 φ ——流速系数，如果計算中采用的 H 为噴嘴处的淨水头时， $\varphi=1.0$ ；

$$b=0.8B;$$

$$d=\left(\frac{1}{8}\sim\frac{1}{10}\right)D_1。$$

| | 水 头 (公尺) | 轉 速 (轉/分) | 水 头 (公尺) | 轉 速 (轉/分) |
|-----------------|----------|-----------|----------|-----------|
| 轉 子 直 徑 22 (公分) | 6 | 462 | 22 | 890 |
| | 7 | 500 | 26 | 968 |
| | 8 | 535 | 30 | 1,040 |
| | 9 | 568 | 35 | 1,125 |
| | 10 | 598 | 40 | 1,200 |
| | 12 | 668 | 45 | 1,275 |
| | 15 | 735 | 50 | 1,343 |
| 轉 子 直 徑 45 (公分) | 18 | 806 | 60 | 1,470 |
| | 6 | 229 | 15 | 366 |
| | 7 | 248 | 18 | 402 |
| | 8 | 266 | 22 | 445 |
| | 9 | 283 | 26 | 484 |
| 轉 子 直 徑 62 (公分) | 10 | 298 | 30 | 520 |
| | 12 | 327 | | |
| | 6 | 166 | 9 | 205 |
| | 7 | 180 | 10 | 216 |
| | 8 | 193 | | |

由此可得:

$$Q=0.44BD_1\sqrt{H} \dots\dots\dots(3)$$

根据选定的 D_1 及 Q 和 H 即可确定 B 值, 并相应地确定 b 、 d 等数值。

水輪机的出力可按下式計算:

$$\begin{aligned} N &= \frac{rQH\eta}{75} = \frac{1,000 \times 0.44BD_1\sqrt{H}H\eta}{75} \\ &= 5.87BD_1H\sqrt{H}\eta \text{ (馬力)} \\ &= 4.32BD_1H\sqrt{H}\eta \text{ (瓩)} \end{aligned} \dots\dots\dots(4)$$

3. 叶片、主軸、調速器和噴嘴設計

叶片的形狀采用圓弧形的, 圓弧半徑可定为 $\rho=0.163D_1$ 。如果采用两个不同半徑的圓弧相接的叶片形狀, 則取用: $D'=0.684D_1$; $D''=0.586D_1$; $R=0.236D_1$; $r=0.078D_1$ 。由于这些数字的确定, 輪叶的位置和水進入輪叶的角度也可以确定了。叶片厚度与水量大小和 B 的長短有关, 一般可取用 3~6 公厘厚的鋼板做成而不做应力計算。

主軸直徑可按式計算

$$\text{軸所受的轉矩 } M = \frac{75 \times 60N}{2\pi n} = 716.2 \frac{N}{n} \text{ (公斤-公尺)} \dots\dots\dots(5)$$

式中 N ——水輪機轉子的軸出力, 以馬力計;

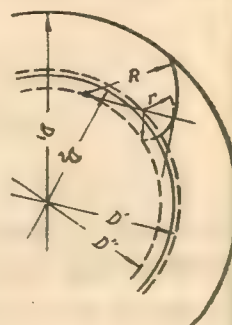


圖5 叶片形狀圖

n ——轉子的轉速, 以每分鐘轉數計。

$$\text{軸的直徑 } d = \sqrt[3]{\frac{M}{(\tau_k)0.2}} = \sqrt[3]{\frac{71,620N}{0.2(\tau_k)n}} \text{ (公分)} \dots\dots\dots(6)$$

式中 τ_k ——主軸的剪应力, 以公斤/平方公分計。一般选用的数值較小, 在实用中按各厂的圓鋼的应力数字应用。〔参考数字: 碳鋼 (C_T-3) 为 200 公斤/平方公分; 碳鋼 (C_T-4) 为 250 公斤/平方公分; 無号鋼为 120 公斤/平方公分〕。

計算結果, 应校核它的弯曲应力是否滿足要求。如采用值在下表所規定的范围以內, 則可以不校核它的弯曲应力。

| 主 軸 直 徑 (公厘) | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 | 125 | 140~160 |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| 兩軸承的間距(公厘) | 2,000 | 2,200 | 2,400 | 2,600 | 2,800 | 3,000 | 3,200 | 3,300 | 3,540 | 3,750 |

主軸在構造上有两种办法: 水量較小的水輪机, 主軸通过水輪机轉子的中心并不影响水流第二次冲击叶片; 水量較大的水輪机 ($Q>0.5$ 秒公方时), 如果主軸仍通过轉子中心則水流从第一次冲击叶片流出以后, 將遇到主軸的阻擋, 使它不能第二次冲击叶片。这就会影响水輪机的效率。所以, 当水輪机設計水量較大时, 就应把主軸固定在擋水板上, 而不通过轉子的中心。

調速方法是利用調節噴嘴咽喉 (d 值) 的大小來控制水量。調速設備有兩種: 一种是利用活門 (如圖 4); 一种是利用插門 (如圖 2)。活門比插門灵活, 較合于使用。計算活門的应力时, 要用活門全关时最大水头的条件作为計算条件。

調速手輪的位置应与發电机和配电板在同一平面上。如果發电机和水輪机在同一層建筑內, 調速手輪就裝設在水輪机的旁边 (見圖 6)。如果水輪机在第一層, 發电机在第二層, 就要在調速器上裝一根長連杆, 把手輪放到發电机層去。這樣作的主要原因是, 运轉人員調速时必須看見配电板上的儀表, 如看不見儀表就不好調速 (見布置圖 7)。

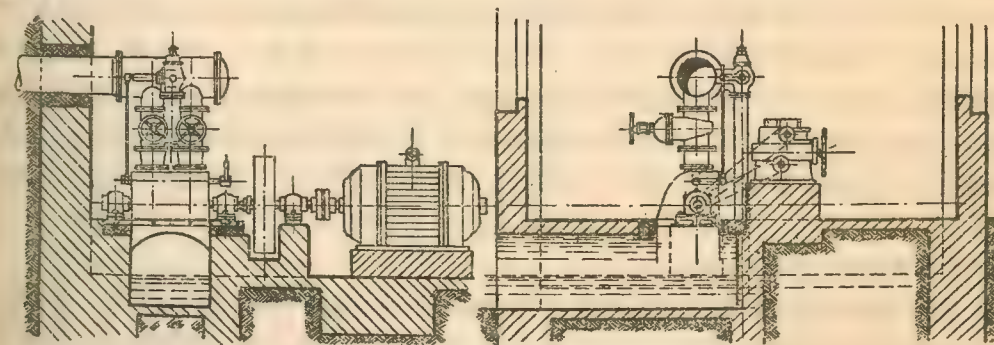


圖6 水輪机和發电机裝設在一層的厂房布置

噴嘴的形狀以采用圓滑的漸开綫形的效率較高, 也可用圓弧連接直綫而成。噴嘴的位置有水平進水和垂直進水兩種 (見圖 2 和圖 4)。选择何種進水方法主要視地形条件而定, 在运用上沒有多少差別。

噴嘴外壳与轉子之間保持 3~4 公厘的間隙。这个間隙不能太大，太大了水要漏走，降低利用率。

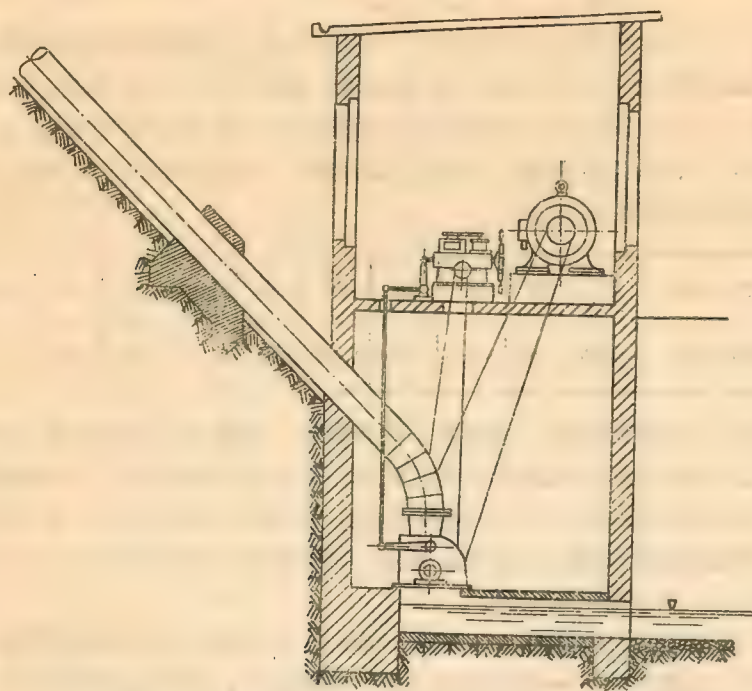


圖7 水輪机和發电机裝設在二層內的厂房布置圖

四、采用兩击式水輪机的水电站厂房布置

厂房宜于采用一層，把發电机、配电板和水輪机放在一个平面上。水輪机和發电机如果不能直接联动，就用三角皮帶傳动。这样運轉很方便。但在有些小河流上，洪水水位与枯水水位相差較大，如果把發电机放在水輪机層則洪水來时，發电机浸水，不好。如果把水輪机抬高到洪水位以上，則長期地損失几公尺水头，不合算。因此可以把水輪机放在第一層，發电机和配电板放在第二層（洪水位以上），仍然用三角皮帶傳动。調速手輪也放到第二層和配电板在一道。另一种情况是为了减少开挖的土、石方面縮小厂房的面積。也可以把設備裝設成二層（見圖 6），二層之間的高差，視情况而定。最小不得小于 2 公尺，便于運轉人員到第一層工作，最大不超过 3~4 公尺，大了在建筑上就不經濟。

水輪机的安裝高程应保証經常能正常運轉，它的主軸中心綫高程等于 $\Delta + 0.40 + \frac{1}{2}D_1$ 。式中 Δ 为經常的尾水水位。有些小河流的洪水位比平常水位高很多，但洪水的時間很短，所以可不按洪水位計算水輪机的安裝高程。

采用兩击式水輪机的水电站厂房的平面布置和其他水輪机的沒有差別。平面布置主要是看傳动設備所需要的面積，在机器的四周最少要留 0.8~1.0 公尺的空間，以便運轉人員走动。

五、木制旋槳式水輪机及其应用

Д.Я. 索科洛夫教授著

“因地制宜，就地取材”是修建農村水力發电站时應該特別注意遵循的原則。我國地区遼闊，有許多農村僻处山区或半山区，在那些地方木材是很方便的，因此，采用木制旋槳式水輪机不僅可以降低成本、節約鋼鐵，而且可以就地制造。在工業高度發達的苏联，依然很重視这种木制水輪机的采用和推广。截至 1948 年，在苏联已經修建了 400 个左右使用木制水輪机的水力裝置了。根据他們的經驗，这种水輪机的木制动輪在养护適宜的情况下可以使用到 8~10 年，而水輪机的其它零件（如吸出管，水輪机頂盖，導水裝置等），使用年限也不少于水力裝置的其它木制構件（如水輪机室，導水槽等）的使用年限。

本文系摘譯自 Д.Я. Соколов 教授著“小型水电站的水輪机”一書中的第八章，对木制旋槳式水輪机的適用范围、部件構造和作用、設計和計算等都作了詳細說明。各地農村水电工作同志在参考、采用这种水輪机时，应根据当地具体条件选用適當的木料，最好多多征詢当地具有制造旧式水磨經驗的木工的意見，并組織他們学会制造。

——“苏联水利科学技术譯叢”編者

一、木制旋槳式水輪机的应用范围

木制旋槳式水輪机适用于較小的水头，一般在 1.2~2.0 至 5~6 公尺。常用的木制水輪机的动輪直徑由 300 到 800 公厘，在最常用的水头下（即由 2 到 4 公尺）可發出 10 到 50~60 馬力，但是这个范围还可以擴大。个别水輪机的动輪直徑，可以达到 1,200 到 1,400 公厘，出力可达 150 馬力。

例如，斯維尔德洛夫木器工厂曾为斯維尔德洛夫省的兩個水电站制造并安裝了几部这样大的水輪机：其中，属于普里斯坦水电站的有兩部，直徑为 1,140 公厘，每部功率为 140 馬力，工作水头为 3.5 公尺；属于布恩科夫水电站的有一部，直徑为 1,245 公厘，功率为 68 馬力，工作水头为 2 公尺。

使用木制水輪机的有以下几种类型：（1）供給小村庄照明及小动力負荷用电的水电站；（2）水磨房用它來替换旧式水車；（3）电力站——在这里水輪机除帶动發电机外，还帶动磨盤；（4）供水站。

二、木制旋槳式水輪机的部件及其功用

要想使水电站的效率很高，必須使它所有的部件都制造得完全符合于下列的要求，即須使所用的水流在流往动輪的途中，在动輪內部以及在从动輪流出和泄入尾水管时的能量損失达到最小值。因此，正确而仔細地來設計、制做和运用水輪机的所有部件，乃是保證水輪机順利工作的必要条件。

低水头的普通型式的水輪机是由以下几个主要部件組成的：

(a) 導水設備 包括：(1) 導水槽——它的用途是以最小的損失，將水引入水輪机室；(2) 水輪机室——它的用途是用來在它的內部安裝導水裝置及水輪机动輪，并使流向導水裝置的水流產生正确的旋轉运动。

(б) 动輪 它是水輪机的主要部分。它的作用是将導入动輪內的水流的能量轉变为轉动水輪机主軸的机械能，然后經由主軸与傳动設備來帶动其他的机器。

(в) 泄水設備 包括尾水管（即吸出管）及泄水渠（即放水路），泄水渠的用途是为了容納自水輪机泄出的水，并將它泄往下游。

(г) 調速設備 当負荷变化时，用它調節水輪机的出力，以保持轉速不变（或者把轉速变化限制在最小的容許範圍內）。

(д) 水輪机支承設備 它的作用是为了承担水輪机工作时產生的力，这些力有：(1) 作用在动輪上的水压力，及水輪的自重（垂直作用的）；(2) 皮帶拉力及齒輪傳动的作用力（方向垂直于軸）；(3) 由于偶然發生的或安裝不精确而引起的主軸的冲动力和振动力。

三、木制旋槳式水輪机各部件的構造

动輪 木質旋槳式水輪机的动輪具有以下几个部件（圖 123 甲、乙）：

(a) 輪叶——它承受流經水輪的水流的压力；

(б) 輪殼——动輪中心的圓柱体部分，主軸即固定在它的中心孔內；

(в) 泄水錐——安裝在輪殼下面，用以使自輪叶流出的水能順暢地進入尾水管。

木制旋槳式水輪机动輪是用木板制成的，木板的長度与动輪的直徑相等，板厚 3~5 公分，輪叶面是按圖 124 甲切成的螺旋面，照样把各个輪叶制造出來。在由四个輪叶組成的动輪上，輪叶要兩兩成对地嵌接在一起，組成十字形狀（如圖 124 乙）。

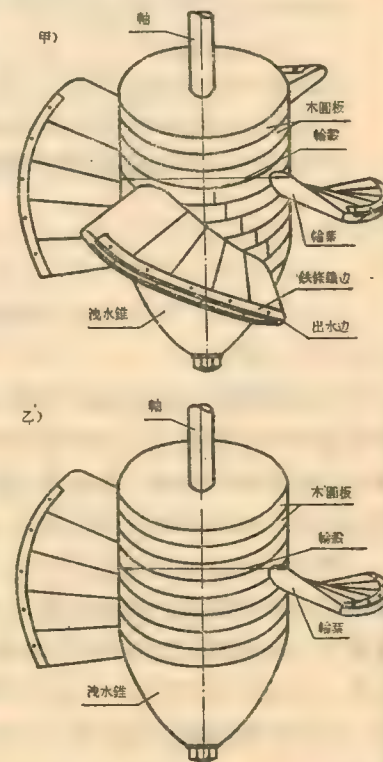


圖 123 木制动輪
甲——四叶式动輪；乙——兩叶式动輪。

圖 124 丙表示的是兩叶式动輪的輪叶。

水輪机动輪的輪叶，是由数个十字形輪叶拼塊（用于四叶式水輪机）或中字形輪叶拼塊（用于兩叶式水輪机）重叠而成的。它們在重叠时彼此要錯开一定的角度，以使动輪輪叶叠合成連續的螺旋面（圖 125 及 126）。

十字輪叶拼塊或中字形輪叶拼塊的数目，視計算所得的动輪高度而定。

在拼合成的水輪机动輪的輪殼的上面和下面，分別加上一兩塊直徑等于輪殼的木圓板。輪叶与圓板用四根螺栓緊連在一起，螺栓头及螺帽与木圓板之間夾有厚約 10~15 公厘的金屬墊鉄（圖 127），墊鉄上有穿主軸用的孔及鍵槽，以便用鍵將动輪与主軸固定在一起。

金屬墊鉄应嵌入所裝的木圓板內，但为了容納突出在墊鉄上的螺栓头及螺帽，应在复盖在它們上面的木圓盤蓋板上及連接在下面的泄水錐上刻出凹槽。为了增强动輪上輪叶的强度，在每个輪叶外緣（即出水边）的上下兩边，要分別釘上一條 3 公厘厚的鉄条（圖 123），鉄条应当嵌在叶面里，使鉄条面与輪叶表面一般平。

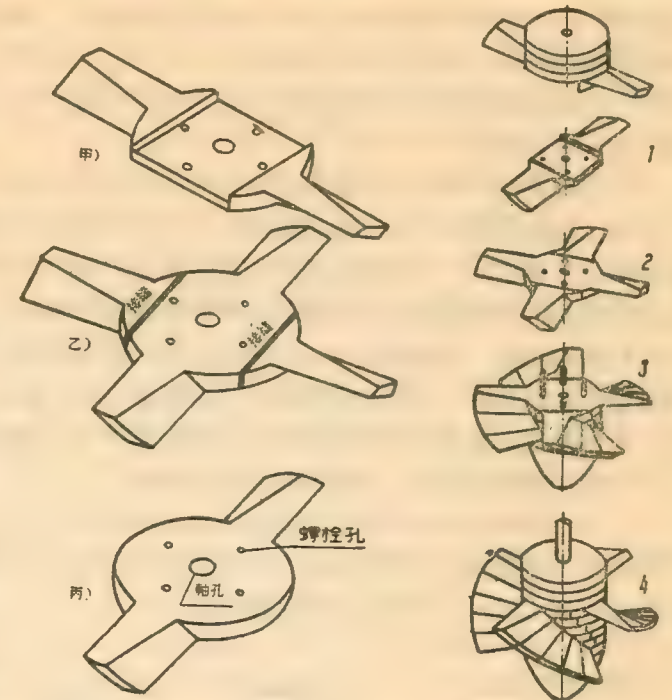


圖 124 木制动輪的拼塊
甲——四叶式动輪的元件；乙——四叶式动輪元件拼成的十字拼塊；丙——兩叶式动輪的中字拼塊。

圖 125 木制旋槳式水輪机动輪的裝配圖
1—輪叶元件；2—十字拼塊；3—动輪裝配圖；4—裝配完成的动輪。

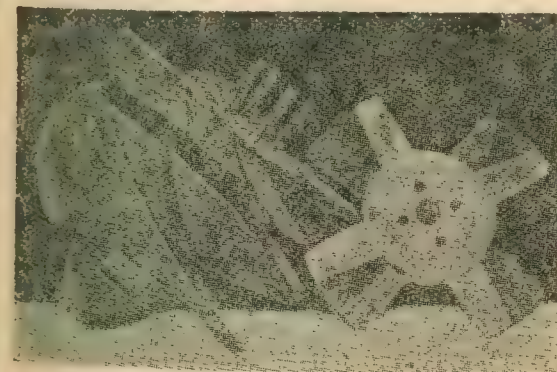


圖 126 木制旋槳式水輪机动輪拆散的情形

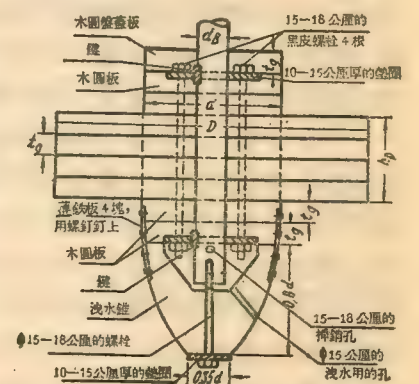


圖 127 动輪的零件及其連接圖

金屬主軸穿過動輪的中心，在輪葉以下部分的主軸包藏在泄水錐內，泄水錐內有容納主軸頭的槽（圖 127）。

為了水流順暢，輪葉進水緣與出水緣的棱角應予打圓。上部進水緣應根據圖 128 做成圓角，下部出水緣則按圖 131 切成光滑的薄刃。動輪可以用松木來作（直徑在 500 公厘以下、水頭在 4 公尺以下時）。但是最好還是採用較硬的木料，如橡木（櫟木）、落葉松、榆木等。

一定要使用不帶有易于脫落的木節的、以及在乾燥空氣中不致發生裂紋的木板。輪葉的拼塊應該結合緊密，也就是在輪葉裝配完了以後各拼塊間不應該露出空隙來。製造動輪用的木板的厚度以及寬度，必須留出製造過程中必需的相當的余量，並要經過一定時間的乾燥，然後再用來製造輪葉，這樣做，可以避免輪葉作成後發生扭曲。制成的動輪表面，應該塗以亞麻油，最好是用人造樹脂漆片塗刷兩次。這種漆片可以在酒精里或油漆里溶解。

水輪機動輪的製造，應該按照以下的順序：

（1）按照設計中所給定的數據或選定的水輪機型號，再根據制定的標準尺寸（附表 1）用厚紙剪出樣板來，以便用來製造輪葉的拼塊（圖 129——四葉式動輪用的樣板，圖 130——兩葉式動輪用的樣板）。

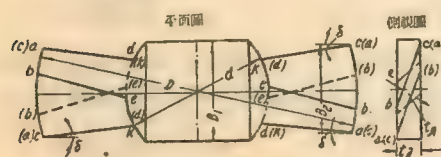


圖 129 四葉式動輪輪葉的樣板（括弧中的字母代表輪葉背面上的各點）

（2）準備出必要數量的四面刨光了的木板，木板的長度要大於動輪直徑 2~3 公分，厚度和寬度應根據設計數據，或根據相應型號水輪的標準尺寸，另外在寬度方面加出 8~10 公厘的余量，在厚度方面加出 3~4 公厘的余量，然後烘乾。烘乾後，再刨至設計的寬度與厚度，而長度則暫時仍保留它原有的余量。

（3）然後，當製作四葉式動輪時，須先將一對輪葉上切割好的相當於板厚之半的企口對合起來，使之疊成一個十字形，疊合時要嚴格地使葉板中心對正，因此要在每一塊葉板上刻出二等分其長度與寬度的兩條中心綫。當疊合時，不但不應使輪葉企口卡得過緊，反而要留出 1 公厘寬的間隙；以防止木料因以後膨脹而脹裂（見圖 124）。

（4）十字輪葉疊合好以後，用圓規按照動輪直徑及輪轂直徑畫出兩個圓，然後將輪葉的刻在外圓弧（相當於動輪直徑的圓）以外的部分切去。

這項工作，兩葉式動輪與四葉式動輪是一樣的。

（5）按照輪葉樣板上所示的字碼位置（圖 129 及 130），在所有木板的兩面依

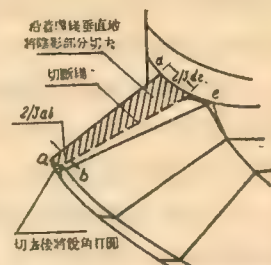


圖 128 動輪輪葉進水緣的棱角打圓法

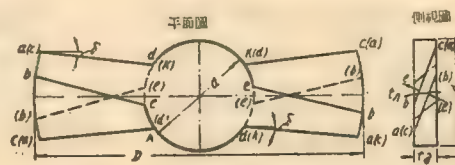


圖 130 兩葉式動輪輪葉的樣板

次刺出 a, b, d, e 各點。在圖 129 與 130 中，木板背面相應各點的位置，也用同樣的字母表示，只是在字母外面都加上一個括弧： $(a), (b), (d), (e)$ 。然後在木板的正面畫出 ad 及 be 綫，在它的背面畫出 $(a)(d)$ 及 $(b)(e)$ 綫。在板頭上面畫出直綫 $a(b), b(a)$ 。

（6）鋸出輪葉的兩個曲面 $(a)be(d)$ 和 $a(b)(e)d$ 。正面的鋸路沿着 be 及 $(a)(d)$ 兩綫前進，背面的鋸路則沿着 $(b)(e)$ 及 ad 兩綫前進。因為鋸開的面是一個曲面，所以在鋸的過程中，不但要注意鋸條是否沿着所畫的兩條直綫走，而且還要使鋸條有一些彎曲。鋸路一直前進到輪轂的圓周處為止。鋸這個輪葉的曲面時，最好用兩個人來作：這不僅是因為需要兩個人看着鋸條是否沿着所畫的綫走，還因為這一工作是極為重要的。鋸完後用鑿子沿着輪轂圓周剔去已鋸開的斜木條。對兩葉式動輪，在剔去斜木條的同時，即沿着輪轂的圓周，將木板的中部鑿成圓形輪轂。這樣，各個輪葉拼塊便作成了（圖 124 甲、丙）。

（7）各個輪葉拼塊制成以後，如果是給四葉式動輪用的，還須再組成十字輪葉拼塊（圖 124 乙），然後再將這些十字拼塊彼此重疊起來，並要錯開一定的角度，構成輪葉的平滑的螺旋形的表面（圖 125）。如此，水輪機的動輪部分就做成了。兩葉式動輪的做法與此類似。

這樣疊成的輪葉，暫時用螺釘或小鐵釘釘在一起，所釘的釘子，應該躲開主軸與螺栓所通過的地方。

（8）在暫時釘在一起的輪葉的上面和下面，各釘上幾塊木圓板，在上面釘兩三塊，下面釘一兩塊；這些木圓板的厚度與輪葉所用木板的厚度一樣，木圓板的直徑與動輪的轂徑相等。

（9）然後在動輪中心鑽出主軸用的軸孔一個，和壓緊螺栓用的孔四個。鑽孔時，由於考慮到鑽頭可能發生偏斜，所以應該使孔徑略大一些，以便軸與螺栓順利穿過。在上面和下面的木圓板上嵌入兩塊墊鐵以後（這些墊鐵上事先都鑽好了穿軸與螺栓的孔，並剔好了鍵槽），即可將貫穿輪葉與木圓板的螺栓上緊；在上緊螺栓之前，要先把主軸及鍵與動輪嵌好，以便在上緊螺栓之前使動輪中心與主軸中心正確地重合。為了使兩塊墊鐵上的孔準確地重合，鑽孔時應該將兩塊墊鐵疊在一起來鑽。

在檢驗主軸中心對正的程度上，所採取的方法是測出主軸到動輪輪葉末端的距離，動輪的上下兩面都要測量一次，測得的數值都應相等，不可互有出入。

為了使動輪對緊密地裝着金屬墊鐵的主軸有少許活動的可能，壓緊的螺栓先不要壓得過緊。為此目的，木圓板上為放置墊鐵而切出的切槽應作得稍大一些，以便對正軸在動輪上的中心時，墊鐵在木圓板上的切槽內有移動的余地。只有在對正軸的中心後，才可以最後上緊螺栓，將墊鐵固定在動輪上。為了防止螺栓生銹，並為了使動輪易于拆卸，螺栓的螺紋部分應該塗以黃油。

（10）螺栓擰緊後，可將軸暫時取出，以便進行葉面上下的整平工作，並要將進口水口的邊緣打圓。

（11）在輪葉的邊緣上嵌釘上薄鐵條（圖 131）。

（12）最後，當將動輪固定在軸上以後，就可以進行利用螺釘、鐵片和螺栓將泄

水錐固定在動輪上的工作了(圖 127)。鐵片应当使用厚度不小于 3 公厘的帶鐵製成, 鐵片在嵌入木圓板以後, 它的表面應與動輪的表面一般平, 然後用大的螺釘將鐵片鉚在輪轂和泄水錐上。從泄水錐的下面用一根螺栓把它(泄水錐)压紧在軸端上。為此, 軸頭上螺栓孔的深度應嚴格限制, 以防止螺栓旋轉到極限時, 會發生轉子沿主軸綫向上的移動。在泄水錐內必須預先挖好容放主軸頭和压紧螺栓頭的凹槽; 此外, 為了排出泄水錐內的積水, 必須在泄水錐內鑽一透孔, 以免冬季停車時積水結冰把泄水錐脹裂。泄水錐以採用整塊的木料較好, 它的軸綫應與木紋綫一致。制作時, 最好能用普通的銼床來銼削, 但是它也完全可以手工來作。在安裝泄水錐時, 必須使它的中心與水輪機軸的中心精確地對正, 并緊固地結合在一起, 以防止鬆動和破裂。在動輪的上部釘上木圓板, 在木圓板的下面應該挖好容納螺釘頭突出部的凹槽。

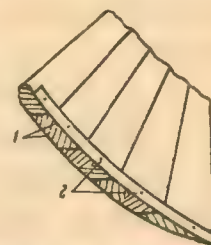


圖 131 輪葉邊緣的鐵條鑲邊
1—帶鐵; 2—鉚釘。

吸出管(即尾水管) 木制旋槳式水輪機常採用木制直圓錐形的吸出管, 但也完全可以用金屬板焊接成直的或彎的吸出管。

(A) 木制直圓錐形的吸出管 是用木桶板拼成的, 木板外有鐵箍, 它的構造與常見的木桶相似(圖 132)。在吸出管上部套有木卡箍, 這種卡箍是用兩排 5 公分厚的松木板或橡木板以木釘穿在一起作成的。吸出管的每一塊桶板都與卡箍從吸出管內側用釘子釘在一起。卡箍的用途, 是為了把尾水管吊在導水葉的座環上。作尾水管的桶板, 要求的質量較高, 應該採用厚度為 5 公分的沒有裂紋及死節的干燥松木板或橡木板, 這是因為保持尾水管不透氣, 不使空氣自外面進入管內, 乃是保證水輪正常運轉的重要條件。為了達成這個目的, 管子應該很好的箍緊, 桶板也應該刨得很精密, 吸出管的頂部, 應一直伸到座環的底面上(圖 132)。為了防止空氣侵入吸出管內, 吸出管出口至少應該沒入尾水面以下 30 公分。為了不使吸出管鬆散和因而破壞它的气密性, 在稍高于尾水面的地方應裝置夾緊吸出管用的底梁, 底梁應視廠房水下結構的形式, 固定于支樁上或是固定在木框上。

(B) 金屬板焊接的圓錐形吸出管(圖 133) 是由 6 公厘厚的鐵板焊成的, 它的上部有凸緣, 凸緣下面在周圍有 6 塊三角筋加固。利用這個凸緣, 即可用螺栓將吸出管固定在座環的底面上。為了使吸出管在拆裝時能夠拔起或插下, 應該使支承梁能向兩旁少許移

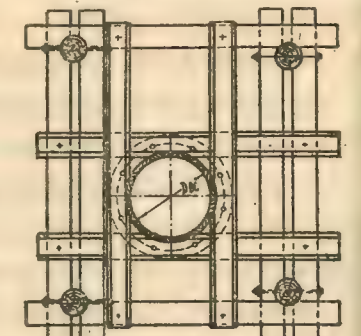
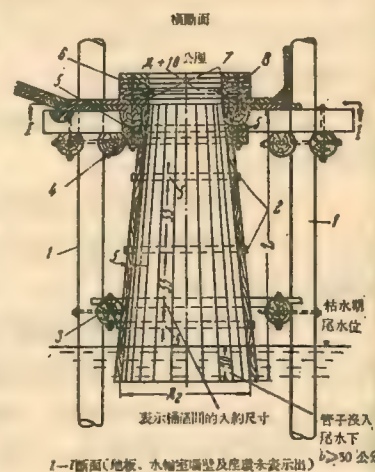


圖 132 木制的直圓錐形吸出管及其在水輪機室下固定的情形

1—支樁; 2—桶箍; 3—夾緊吸出管下部的底梁; 4—活動卡箍; 5—墊環; 6—導水葉的座環; 7—浸過煤焦油的麻袋片; 8—吊起吸出管的螺栓。

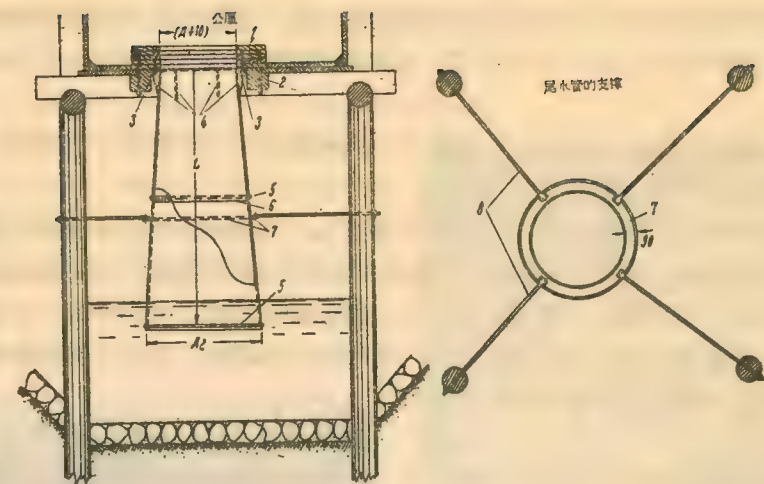


圖 133 金屬制直圓錐形吸出管

1—導水葉的座環; 2—支承梁; 3—凸緣, 厚 10 公厘, 寬 90 公厘; 4—三角形加固筋, 厚 5 公厘, 6 塊; 5—加固筋, $d=25$ 公厘的鋼條焊接而成; 6—焊縫; 7—凸緣, 厚 6 公厘, 寬 90 公厘; 8—圓鋼拉條, $d=25$ 公厘。

動。

在吸出管腰部稍下的地方, 焊上一道凸緣, 以便在它的上面固定圓鋼的拉條, 拉條的作用是防止吸出管發生側向移動和強烈的震動。拉條的鬆緊應該能夠調節, 以便在鬆弛的時候能把它拉緊。沿着吸出管的長度在管壁上應該焊上若干道圓鋼作的加固筋。

(B) 金屬焊接的彎形吸出管 對於水頭低於 2.5~3 公尺、動輪直徑大於 500 公厘的水輪機, 應該採用彎形吸出管來代替直圓錐形的吸出管。

彎形吸出管的形狀, 推薦採用全蘇水力技術與土壤改良科學研究所(ВНИИГиМ)*設計的彎形吸出管。

導水裝置 現在, 木制旋槳式的水輪機, 可採用構造簡化了的迴轉葉式的導水裝置, 這種導水裝置與水輪機一起都是由斯維爾德洛夫木器工廠設計并成套製造的。根據使用的經驗和試驗室的實驗, 可以得出結論: 這種調節方法, 優于很早以前的木制水輪機所採用的沿主軸綫移動水輪機頂蓋以變更導水葉高度進行調速的方法。

本文(附錄 II)所介紹的導水裝置, 是一個由許多木質導葉 4 構成的圓環, 在每個導葉的中間穿著一根螺栓 5, 各個導葉都可以它為軸心而自由轉動。螺栓 5 同時還用來作為把座環和導水裝置頂蓋 2 固定在一起的螺栓。

在螺栓上端和下端具有凸肩, 如此, 借助于墊圈可以將頂蓋以上的壓力直接傳到座環上去, 導葉座環是由厚 40~50 公厘的松木板做成的, 木板的尺寸與數量視座環的內外直徑與木板的寬度而定。座環的高度等于水輪機動輪的工作高度(即動輪輪葉的高度)加上 5 公分**。

* 參看“水利技術與土壤改良”雜誌 1949 年第 3 期 А.Я. 法里可維奇作: “低水頭農村水電站水輪機室與吸出管的合理形式”一文。

** 當水輪機動輪的工作高度很大時, 為了減少座環的高度可使動輪稍許伸入尾水管內, 如此, 就要把尾水管上段作成圓筒形的, 以方便於動輪的旋轉。

座环的内圆表面，应该沿圆周作得很精确，因为水轮机的动轮要在座环内迴转，座环内径应该等于 $D + (6 \sim 10)$ 公厘，亦即动轮叶片与座环的间隙不应大于 $3 \sim 5$ 公厘。

每一个导叶下面都有锻造成（或铸成）的一端有叉的连板 21。连板厚 10 公厘；它的形状如附录 II 所示。

调速的控制环由圆钢做成，上面焊上短圆轴，以便穿在导叶连板的叉子里，短圆轴的数目与导叶的数目相等。调速的控制环放在钉在导叶座环上一块块的金屬支座 18 的上边。在控制环的侧面，焊上铁耳子 17，以便装接拉杆。利用拉杆，可以使控制环及所有的导叶转动。拉杆连在调节轴上，调节轴一直通到厂房里，该处装有带舵轮的调速器。图 134 示出了一般的导水装置的形状。

导叶在各种位置时，相邻两个导叶中间的最小间距，称为导叶开度。为了拆装方便起见，盖在导叶上的顶盖（即水轮机顶盖）是由几块板拼合而成的。为了使进入动轮的水流顺畅，在顶盖下面装有一个流綫型的固定轂心。轂心底面的直径与动轮轂的直径相等，它的顶圆的直径等于 D 减去 4 公分， D 为转子直径。轂心的高度可以根据它与动轮轂間保持 5 公厘的间隙算出来，动轮叶片的上缘，应该比导水装置座环的顶面低 5 公分。

水轮机的支承装置 为了承受垂直方向的负载*，水轮机主轴的上端要装在推力轴承之内（图 135），这样，水轮机就被悬挂起来了，此外不再需要其他的推力轴承。

这里的轴承应能承受由皮带拉力或齒輪傳动及轴的振动而产生的侧压力。因此，小容量的水轮机上部的推力轴承应该采用圆锥形的鋼轂轴承，或是采用两个鋼球轴承——一个是推力的，一个是辐向的，两个鋼球轴承一上一下，装在同一个轴承箱里，图 135 为用于第 3 号水轮机上，装在鑄铁轴承外壳内的圆锥形鋼轂推力轴承，图右侧并画出了另一种采用锻造轴承外壳的形式。

* 包括顶盖及动轮的重量、作用在动轮上的水压力、传动装置的重量及作用力以及振动力等。

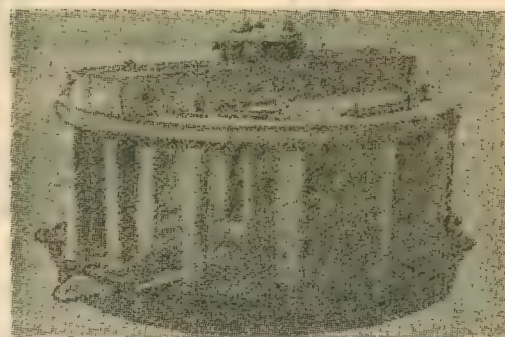


图 134 斯維尔德洛夫木器工厂制的木質水輪機導水裝置的外貌

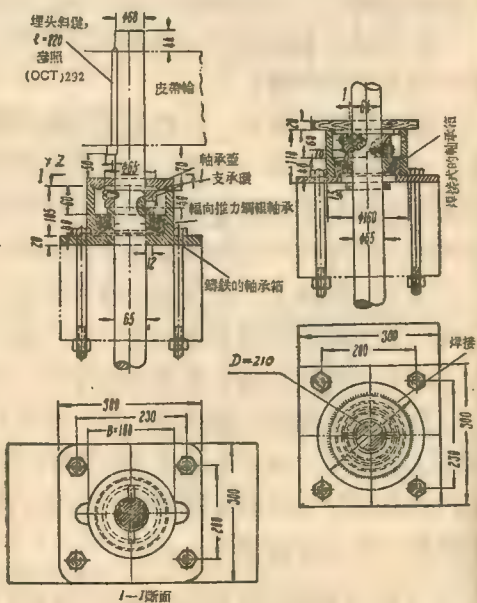


图 135 第 3 号木制水輪機上用的鋼轂推力轴承

所有垂直负载，都经过鋼环由主轴传到推力轴承上，鋼环是用两三个顶丝固定在水轮机主轴上的（图 135）。当水轮机主轴上的垂直负载很大时，鋼环应采用两半的，每半个环稍许嵌入轴槽内，再用螺钉把它固定在一起。

轴承应该浸在滑潤油内，以减少磨阻，增加它的使用年限。因此，在主轴通过轴承箱底处，应以填料压盖，以防漏油。

轴承箱应该十分坚固，并且要很好地固定在支承梁上，以防振动。除了上部的推力轴承外，在水轮机顶盖上，还必须有一个导轴承。导轴承可以用鋼球轴承，但如用夹布膠木或橡木轴承，则更为简便，也十分坚固。这种轴承的构造表示在附录 II 中；它整个的外形如图 136 的照片所示。因为轴承常易磨损，所以轴承应该由几块轴瓦拼成，然后用螺栓把它们压在一起，这样，在更换轴瓦时，可不把水轮机拆卸开来。轴承卡在圆木箱内；圆木箱装在组合成的支承梁里，支承梁是固定在顶盖上的。

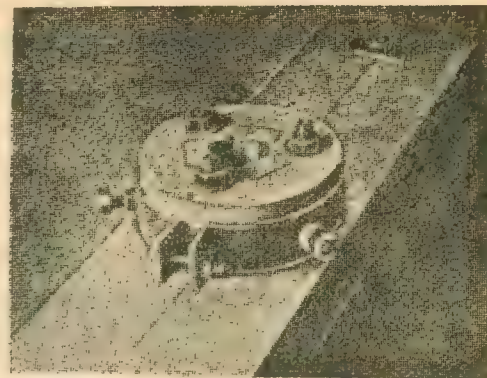


图 136 装在圆木箱内的夹布膠木制的导轴承，木箱外为铁卡箍，在轴承中间可以看见三块可拆换的夹布膠木轴瓦

四、装有木制旋桨式水轮机的水电站的设计

为了设计或选择水轮机，应当给出下列条件：

- (1) 水头或落差 H （公尺），即水轮机室入口前导水槽内的水位与泄水渠口（尾水管出口处）的水位之差；
- (2) 通过水轮机的最大流量 Q （秒公方）；
- (3) 水轮机的转速 n （转/分钟）。

前边已经讲过，水轮机只有在它的出力略小于最大出力时，才具有最高的效率。但是，对于木制旋桨式水轮机来说，这两个出力之差是极为微小的，这从图 136 所示的试验曲线中可以看出，因此，出力之差可以略而不计，也就是说，可以认为水轮机在最高效率时的出力就是最大出力，此时通过的流量也是最大的。

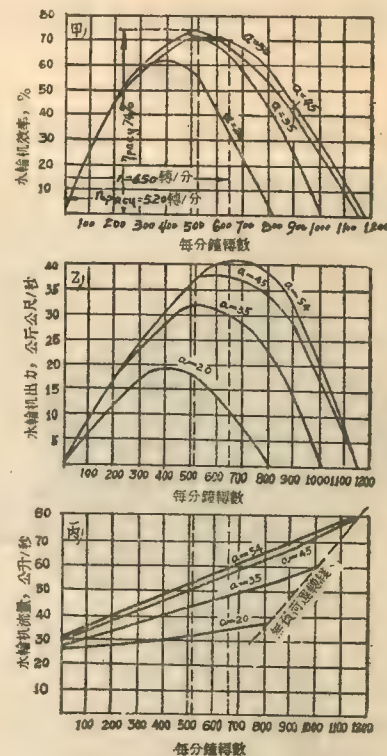


图 137 木制旋桨式水轮机模型试验所得的转速特性曲线（全苏水利技术与土壤改良科学研究所于 1946 年作）

在實驗室中和現場上對木製旋槳式水輪機工作情況的研究結果證明，最高效率可保證為 0.75。

將此值代入出力公式，即可得到水輪機出力的簡單公式如下：

$$N = 10QH \text{ 馬力}; \quad N = 7.36 QH \text{ 瓩}$$

圖 138 為全蘇水利技術與土壤改良科學研究所水力試驗室所作的木製旋槳四葉式水輪機的模型，這個模型在導水裝置開度不同的轉數特性曲線如圖 137 所示。

圖 139a 所示就是這個模型的工作特性曲線。

為了便於了解水輪機在負荷變化時的工作情況，有必要把工作特性曲線化成所謂“出力”特性曲線的形式。如圖 139b 所示，其中 Q 與 η 為縱坐標，水輪機的出力為橫坐標。根據這些曲線很容易了解水輪機的工作狀況。

圖 139b 是這個水輪機模型的流量特性曲線，由這個曲線可以特別清楚地看出，只有在流量達到相當大的數值——在這個試驗中約達最大流量的 35% 時，才能發出有效的出力。

最後還應該指出，我們在下面將直接研究裝有木製旋槳式水輪機的水力裝置的設計，而不敘述水能與靜力的計算，因為這些計算，在專門的教科書中都可以找到。

(1) 導水槽

在正常的壅水位之下，導水槽內的水



圖 138 木製旋槳式水輪機模型（全蘇水利技術與土壤改良科學研究所 1946 年作）

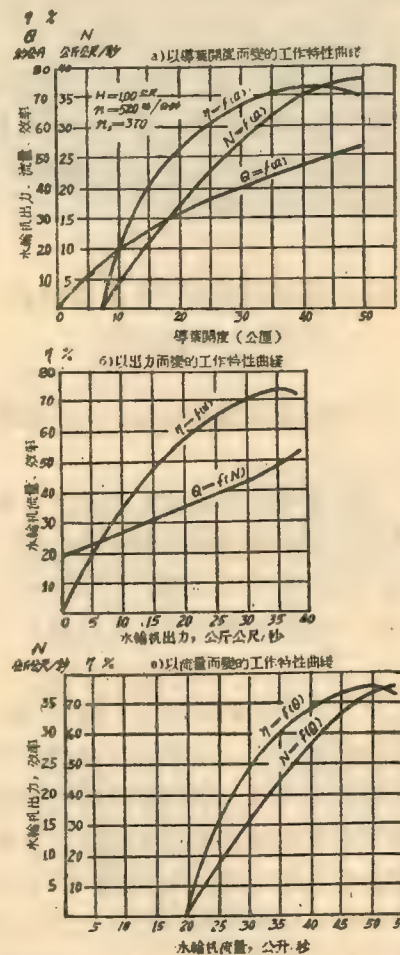


圖 139 木製旋槳式水輪機模型的工作特性曲線（全蘇水利技術與土壤改良科學研究所作，即圖 138 照片上的模型）

深不應小於 1 公尺，因為在水輪機工作時，水庫內水位的下降幅度，有時可能相當大。

為了避免水頭損失過大，當槽內水位正常時，槽內流速一般採用 $v = 0.6 \sim 0.8$ 公尺/秒。

如此，導水槽的寬度 b 可按下列式算出：

$$b = \frac{Q}{vh}$$

式中 Q ——水輪機的設計流量。

導水槽壁在最高水位以上的超高應為 0.3 到 0.4 公尺。為了修理的時候導水槽可以放干，導水槽底最好有一點坡度（0.005~0.01）。

(2) 水輪機室

理論與經驗都證明，為了使導向水輪機動輪的水流盡量減少它的水能損失，並為了避免發生漩渦，水輪機室的形狀最好是蝸殼形的。經驗證明，甚至僅將水輪機在矩形水輪機室內從它的縱向對稱軸線向右（因一般水輪都是沿順時針方向旋轉）移動機室寬度的 10%，也可立即使水輪機的效率抬高。

反之，若將水輪機布置在水輪機室的中心，則在導水時將發生過多的水頭損失。我們要除去這種額外的損失，並不會引起結構的複雜化，實際上也不會使電站的建設費用加多。當使用矩形水輪機室時，甚至當水輪機頂蓋沒入水內相當深的時候，也常常發現有漩渦，使空氣被吸到水輪機里去，因而降低了它的效率。

水輪機室的入口斷面寬度 b_0 （見圖 140b 與 b）由允許流速確定。該允許流速 v_k 在正常壅水位時建議在下列範圍內選用：

$$v_k = (0.5 \sim 0.7) \sqrt{H} \dots\dots\dots (92)$$

水輪機室進水斷面的面積，可按下列式計算：

$$\omega_k = b_0 h_0 = \frac{Q}{v_k}$$

式中 h_0 ——在正常壅水位之下的水輪機室內的水深。

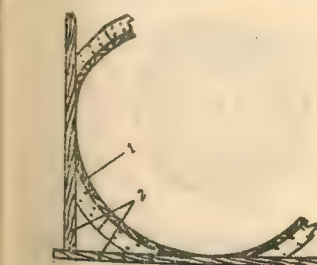


圖 141 木製蝸狀室牆壁構造的平面圖
1—蝸狀室的板壁；
2—矩形水輪機室的不透水板壁。

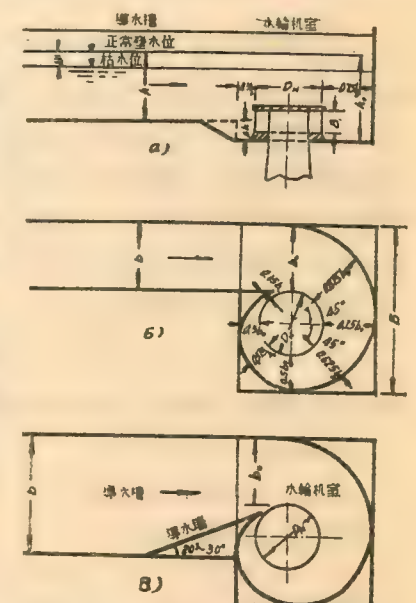


圖 140 開啟式水輪機的蝸狀室
 D_H —導水裝置的外徑

水深 h_0 （圖 140a）應以能保證水輪機的導水裝置在上游水位最低時至少沒入 0.5 公尺為度。使用蝸殼形水輪機室時，這樣大的沒入深度能保證不發生漩渦，並不會吸入空氣。當座環在水輪機室底以上的高度為 0.2 公尺及導水板高度為 B_1 時，水輪機室內水深 h_0 的數值應為：

$$h_0 \geq B_1 + \Delta H + 0.70 \dots\dots\dots (93)$$

式中 ΔH ——最低水位與正常壅水位的差。

· 求出水深 h_0 以后, 可立即算出入口断面宽度 b_0 。 b_0 值最好与 b 值相近 (圖 140 6), 以使水流由矩形導水槽平穩地進入渦壳形水輪機室里去。

但常常是計算出的 b_0 要比 b 小。如此, 要想使槽中的水流平穩地流入渦壳, 則需在水輪機室入口處加一道傾斜的導水牆 (圖 140 a)。它的傾斜度越平緩越好。

水輪機室的牆壁應有一個準確的曲綫外形。渦壳曲綫系由八點繪制成的, 見圖 140 6 (在渦壳曲綫的末端都根據進入導葉的水流情況, 比照理論的坐標值加寬了一些)。

釘制渦壳時, 先在矩形水輪機室的牆壁和地板上釘上幾道曲綫樣板, 使之構成渦狀曲綫, 然後在曲綫樣板上再釘上一層立木板, 這樣就制成渦壳了。渦狀室的牆壁並不要求密合與不漏。只要渦壳外面的矩形水輪機室不漏水就可以了。

水輪機室入口處, 要作成光滑的斜面 (見圖 140 a)。

(3) 水輪機的動輪

動輪上需要確定的數據如下:

1. 動輪直徑 D ; 2. 輪轂直徑 d 或它對 D 的比值 $\frac{d}{D} = m$; 3. 輪葉數目 z ; 4. 輪葉剖面; 5. 水輪機動輪的工作高度 (即輪葉的高度) h_p 。

動輪須按最優工作狀況 (即最高效率) 設計。如前所述, 這種工作狀況應預先由水能計算來確定, 計算結果應給出: 水頭 H (公尺); 流經水輪機的流量 Q (秒公方); 水輪機出力 N (馬力)。水輪機的轉數 n , 是根據把水輪機的能量傳遞給發電機的傳動條件來選定的。根據已知的 N, n, H 各值, 來計算水輪機的比速 n_s 值。

動輪直徑按下式計算:

$$D = 4.5 \sqrt[3]{\frac{Q}{n}} \quad (\text{公尺}) \quad \dots\dots\dots (94)$$

此處, Q 以秒公方計; n 以每分鐘轉數計。

輪轂直徑 d 採用下值:

當 $n_s = 400$ 時, $d = 0.447D$; 當 $n_s = 600$ 時, $d = 0.300D$ 。

輪葉數目採用下值:

當 $n_s = 400$ 時, $z = 4$; 當 $n_s = 400 \sim 600$ 時, $z = 2$ 。

木製旋槳式水輪機的輪葉形狀是用簡易的方法繪制的。輪葉具有以直綫為母綫的螺旋面 (所謂直綫形母綫系指將它所在的圓柱面展成平面後的情況)。

這樣, 設計輪葉剖面時, 只須找出其中一條母綫對水平綫的傾角, 然後即可根據螺旋綫的關係, 求出其他一切尺寸。一般採用一個圓柱斷面作為計算斷面, 這個水平傾角就是為這個斷面求出來的。這個圓柱斷面將動輪輪轂與座環內圓之間的圓環面積分為兩個通過相等流量的面積相等的部分 (圖 142)。因此, 這個圓柱斷面的直徑 D_0 為:

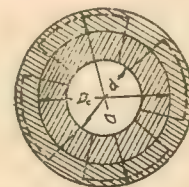


圖142 動輪與座環的橫斷面。圓環面積被分為兩個相等的面積 (即不同方向陰影綫所示的兩部分)

$$D_0 = \sqrt{\frac{D^2 + d^2}{2}} = \sqrt{\frac{1 + m^2}{2}} D = \mu D \quad \dots\dots\dots (95)$$

由旋槳式水輪機的原理得知, 在圓柱斷面中的輪葉的剖面應該是曲綫形的 (如圖 143)。

我們用一條直的母綫來代替原來的曲綫剖面。為了求出該母綫的水平傾角, 需要首先求出足以代表輪葉剖面的特征的基本數據, 即輪葉剖面的平均進水角 β_{1c} 與出水角 β_{2c} 。計算時還要提出下述假定:

水流內各質點經過動輪的運動被認為是完全與水輪機軸對稱的, 也就是認為水流完全是在各同心的圓柱面上流動的, 也就是說沒有輻向的分速度。

在圖 143 內, 畫出了輪葉進水口與出水口的速度三角形, 其中所用的符號如下:

v_{1c}, v_{2c} —— 輪葉進出水口水流的絕對速度;

w_{1c}, w_{2c} —— 輪葉進出水口水流的相對速度;

v_{u1c}, v_{u2c} —— 絕對速度的水平分速;

v_m —— 絕對速度的垂直分速。假定在進、出水口都是相等的;

$u_c = u_{1c} = u_{2c}$ —— 圓周速度, 對於定徑為 R_c 的圓柱斷面為一常數;

β_{1c}, β_{2c} —— 輪葉進出水口的曲面對水平綫的平向傾角;

α_{1c}, α_{2c} —— 進出水口絕對速度對水平綫的傾角。

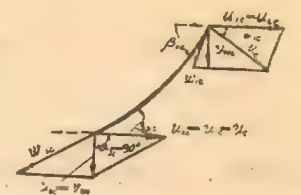


圖143 水流在輪葉進出口的速度三角形

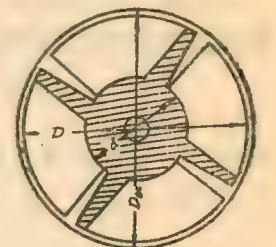


圖144 木製水輪機動輪的橫斷面

為了避免因水流在尾水管內旋轉而造成水頭損失, 水輪機的角 α_{2c} 通常定為 90° (即軸向泄水), 因此

$$v_{2c} = v_m, \quad v_{u2c} = 0$$

由進水口速度三角形可得:

$$v_m (\cot \alpha_{1c} + \cot \beta_{1c}) = u_c$$

$$\text{因而} \quad \cot \beta_{1c} = \frac{u_c - v_m \cot \alpha_{1c}}{v_m} = \frac{u_c - v_{u1c}}{v_m} \quad \dots\dots\dots (96)$$

由出水口速度三角形可得:

$$\cot \beta_{2c} = \frac{u_c}{v_m} \quad \dots\dots\dots (97)$$

因此, 輪葉曲面在進水口處採用 β_{1c} 傾角, 將不會發生水流對輪葉的沖擊, 在出水口處採用 β_{2c} 傾角時, 泄入尾水管內的水流將是軸向的。顯然, 若以一根直綫代替 β_{1c}, β_{2c} 所定的曲綫, 則直綫的水平傾角 β_c , 將介乎 β_{1c} 及 β_{2c} 之間。由此可見, 在以直綫母綫代替曲綫之後, 水流在進水口處將發生某種程度的沖擊, 而泄水口處的水流也將不是軸向的。所以在設計木製旋槳式水輪機時, 採用 $\cot \beta_c$ 等於 $\cot \beta_{1c}$ 及 $\cot \beta_{2c}$ 。

之和的算术平均值。即：

$$\cot \beta_c = \frac{u_c - 0.5v_{u1c}}{v_m} \dots\dots\dots (98)$$

速度 u_c 可以通过与每分钟轉数 n 的关系来表示：

$$u_c = \frac{\pi D_c n}{60} \dots\dots\dots (99)$$

速度 v_{u1c} 可由水輪机工作过程的方程式求得，其中 $v_{u2c} = 0$ ，所以方程式可简化为：

$$\eta H = \frac{u_c \cdot v_{u1c}}{g}$$

如將上式中的水头 H 以比速公式

$$n_c = \frac{3.65n\sqrt{\eta Q}}{H^{\frac{3}{4}}}$$

代替， u_c 以公式 (99) 代替，則 v_{u1c} 便可求得如下：

$$v_{u1c} = \frac{107\eta^{\frac{1}{3}}gn^{\frac{1}{3}}Q^{\frac{1}{3}}}{D_cn_c^{\frac{1}{3}}} \dots\dots\dots (100)$$

速度 v_m 可由流量 Q 及圓环断面 ω (假定 $D = D_{BC}$) 来表示，但应將該断面因受輪叶及輪轂的拥塞而縮小的情况考慮在內 (圖 144)，如此，則

$$\omega = \frac{\pi D^2}{4} (1 - m^2)(1 - k)$$

式中 k ——为水流断面受輪叶及輪轂的拥塞系数。如此即可得出速度 v_m 的公式

$$v_m = \frac{Q}{\omega} = \frac{4Q}{\pi D^2 (1 - m^2)(1 - k)} = \frac{4Q}{\lambda \cdot \pi D^2} \dots\dots\dots (101)$$

式中 $\lambda = (1 - m^2)(1 - k)$ 。

將 u_c 、 v_{u1c} 及 v_m 的值代入公式 (98)，并代入 $D_c = \mu D = 4.5\mu\sqrt{\frac{Q}{n}}$ ，經過简化后得

$$\cot \beta_c = \lambda \left(3.74\mu - \frac{1,860\eta^{\frac{1}{3}}}{\mu n_c^{\frac{1}{3}}} \right) \dots\dots\dots (102)$$

設計时，需要給定輪叶中边缘断面的傾角 β_D 。根据螺旋面的关系式，可由下式求得傾角 β_D ：

$$\cot \beta_D = \frac{1}{\mu} \cot \beta_c = \lambda \left(3.74 - \frac{1,860\eta^{\frac{1}{3}}}{\mu^2 n_c^{\frac{1}{3}}} \right) \dots\dots\dots (103)$$

对于四叶动輪，一般选用 $m = 0.447$ ，而在一般的輪叶傾角下，系数 k 平均采用 0.18，因而

$$\lambda = (1 - m^2)(1 - k) = (1 - 0.447^2)(1 - 0.18) = 0.657$$

这个动輪的 μ 值为

$$\mu = \sqrt{\frac{1 + m^2}{2}} = \sqrt{\frac{1 + 0.447^2}{2}} = 0.773$$

將已計算出的各个系数值代入公式 (103)，并采用效率 $\eta = 0.75$ ，即得

$$\cot \beta_D = 2.46 - \frac{1,270}{n_c^{\frac{1}{3}}}$$

試驗研究的結果說明，四叶式动輪的 $\cot \beta_D$ 值应比上述計算值加大 10% 左右，因此， β_D 的最后計算公式应为

$$\cot \beta_D = 2.71 - \frac{1,400}{n_c^{\frac{1}{3}}} \dots\dots\dots (104)$$

对于兩叶式动輪，当 $m = 0.3$ 时，各系数可取平均值如下：

$$k = 0.07, \text{ 于是 } \lambda = 0.847, \mu = 0.738$$

而計算傾角 β_D 的公式如下：

$$\cot \beta_D = 3.17 - \frac{1,795}{n_c^{\frac{1}{3}}} \dots\dots\dots (105)$$

应当指出，上面所采用的計算輪叶断面傾角的方法，对于比速 $n_s \leq 400$ 的四叶式水輪机与比速 n_s 在 500~600 以下的兩叶式水輪机，都能給出良好的結果。輪轂上輪叶的傾角 β_d ，可按螺旋面由下式求得

$$\cot \beta_d = m \cot \beta_D \dots\dots\dots (106)$$

水輪机动輪的工作高度 h_p ，是按以下公式計算的：

对于四叶式动輪：当 $m = 0.447$ 及 $\lambda = 0.657$ 时

$$h_p = \frac{5,290D \sin^2 \beta_D}{n_c^{\frac{1}{3}}} \dots\dots\dots (107)$$

对于兩叶式动輪：当 $m = 0.3$ 及 $\lambda = 0.847$ 时

$$h_p = \frac{13,630D \sin^2 \beta_D}{n_c^{\frac{1}{3}}} \dots\dots\dots (108)$$

动輪高度的最后尺寸，是根据每層旋槳拼塊厚度 t_A 的倍数确定的，所取的整数应比計算值 h_p 稍大一些，但若整数的 t_A 比計算的 h_p 小 5% 以內时，也是可以允許的。

动輪的基本尺寸决定以后，就可着手設計旋槳的样板了。

圖 129 所示是四叶式动輪的旋槳，圖 130 是兩叶式动輪的。

需要确定的旋槳尺寸如下：

1. 制作旋槳的木板厚度 t_A ，这个厚度一般規定为 3~5 公分。

2. 輪叶边缘厚度 t_{π} ，这个厚度建議采用下述值：

当 D 小于 400 公厘时， $t_{\pi} = 10$ 公厘；

当 D 为 400~800 公厘时， $t_{\pi} = 15$ 公厘；

当 D 大于 800 公厘时， $t_{\pi} = 20$ 公厘。

3. 輪叶末端水平面積寬 ab ，按下列公式計算：

$$ab = \frac{t_{\pi}}{\sin \beta_D} \dots\dots\dots (109)$$

4. 輪叶末端斜边的水平投影寬度 bc ：

$$bc = t_A \cot \beta_D \dots\dots\dots (110)$$

5. 輪叶与輪轂相連处斜边的水平投影寬度 ek ：

$$ek = t_A \cot \beta_d = t_A m \cot \beta_D = m \cdot bc \dots\dots\dots (111)$$

6. 輪叶与輪轂相連处水平

面積寬度 de 。

根据輪叶的强度看來，輪叶与輪轂相連处的厚度 t_b 不应小于表 25 內所列的数值：

de 值可由厚度 t_b 求出：

$$de = \frac{t_b}{\sin \beta_d} \dots\dots\dots (112)$$

式中 β_d —即按公式 $\cot \beta_d = m \cot \beta_D$ 求得的輪叶与輪轂相連处的傾角。

由公式 (112) 求得的 de 值，应该進行一次校核，即根据輪叶棱綫 ck 、 ad 与样板中心綫 (亦即木料纖維的走向) 的夾角 δ (見圖 129 与 130) 來校核。这个 δ 角不許大于 10° 。

按圖 129 与 130 可以寫出下式：

$$ab + bc = de + ek + \frac{2(D-d)}{2} \tan \delta$$

代入 $\tan \delta = \tan 10^\circ = 0.175$ ，即得：

$$ab + bc = de + ek + 0.175(D-d)$$

由此可得：

$$de \geq ab + bc - ek - 0.175(D-d) \dots\dots\dots (113)$$

7. 作旋槳的木料的寬度 B 。

四叶式动輪輪叶所用木板的寬度，可先按輪轂直徑 d 与 $ab + bc$ 求得二个数，可取其中較大的一个作为样板的木料寬度 B 。輪轂直徑 d 当將兩塊木板 (样板) 拼成十字时，即可得出。此时，

$$B \geq \frac{d}{\sqrt{2}} \text{ (見圖 145)} \dots\dots\dots (114)$$

$$\text{或者 } B \geq ab + bc \dots\dots\dots (115)$$

对于兩叶式动輪，它使用的木板寬度按第一个条件說來应当是

$$B \geq d \dots\dots\dots (116)$$

而按第二个条件說來，与四叶式动輪輪叶寬度的算法相同，即

$$B \geq ab + bc \dots\dots\dots (117)$$

構成动輪的十字形輪叶拼塊的層数 z_1 可按下式計算

$$z_1 = \frac{h_p}{t_d} \dots\dots\dots (118)$$

算出后，將它化为偏大一些的整数。

泄水錐的長度应在 $(0.8 \sim 1.2)d$ 范围以內。

动輪主軸的直徑，应按下式計算：

$$d_b = 14.6 \sqrt[3]{\frac{N}{n}} \text{ (公分)} \dots\dots\dots (119)$$

表 25

| 动輪直徑 D (公厘) | 輪轂处輪叶厚度 t_d (公厘) |
|---------------|--------------------|
| 400 以下 | 30~40 |
| 400~600 | 40~50 |
| 600 及 600 以上 | 40~60 |

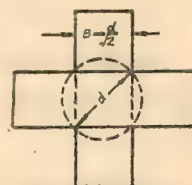


圖 145 四叶式动輪輪叶的十字拼塊

式中 N —水輪机出力 (馬力)； n —水輪机軸每分鐘轉数。

(4) 導水裝置

導水裝置的基本参变数如下：

1. 導水裝置內徑 D_b ，亦即最优开度情况下導叶泄水端点所在的圓周直徑 (見附錄 II)。
2. 導水裝置外徑 D_H ，亦即最优开度情况下導叶進水端点所在的圓周直徑。
3. 導水裝置高度 B_1 。
4. 導叶数目 z_0 。
5. 角度 α ，即在最优开度情况下導叶中心綫与經過導叶泄水端点对導水裝置內徑圓周所作的切綫間的夾角 (附錄 II)。
6. 導叶的断面。

導水裝置的內徑可以采用：

$$D_b = D + 40 \text{ (公厘)} \dots\dots\dots (120)$$

式中 D —动輪直徑 (公厘)。

導水裝置的外徑建議按下列公式計算：

$$D_H = 1,000D \left(1 + 0.03 \sqrt{\frac{n_s}{D}} \right) \text{ (公厘)} \dots\dots\dots (121)$$

式中 D —动輪直徑 (公尺)。

水輪机頂盖以及座环的直徑

$$D_K = D_H + 40 \text{ (公厘)}$$

導水裝置的高度 B_1 (見附錄 II) 由 D 与 n_s 确定，如左表所列；導叶的数目 z_0 应采用右表各值。

| 当 $n_s = 300$ 时 | $B_1 = 0.30D$ |
|-----------------|---------------|
| 当 $n_s = 400$ 时 | $B_1 = 0.40D$ |
| 当 $n_s = 600$ 时 | $B_1 = 0.45D$ |

| D (公厘) | z_0 |
|-----------|-------|
| 300~400 | 10 |
| 500~700 | 12 |
| 800~1,000 | 16 |
| 1,000 以上 | 18 |

導叶軸綫与導水裝置內圓泄水端点切綫間的夾角 α 可按 下式 計算 (当 $\eta = 0.75$ 时)：

$$\tan \alpha = \frac{n_s^{\frac{1}{3}}}{9,250 \varepsilon} \dots\dots\dots (122)$$

式中 $\varepsilon = \frac{B_1}{D}$

導叶長度 l 按下式計算：

$$l = \frac{D_b}{2} \left(\sqrt{\left(\frac{D_H}{D_b} \right)^2 + \sin^2 \alpha} - 1 - \sin \alpha \right) \dots\dots\dots (123)$$

導葉的断面建議按圖 146 繪制。

各導葉旋轉軸心應布置在如下直徑的圓周上：

$$D_A = \sqrt{1.2l^2 + D_B^2 + 2.2D_B l \sin \alpha} \quad (124)$$

導葉軸心距其泄水端點（尖端）的間距為 0.55l（圖 146）。

與附錄 I 中各種標準尺寸的木制水輪機相對應的導水裝置的零件尺寸，詳見附錄 II。

導水裝置轉動時的扭轉力很小，因為它的轉軸軸心與水流壓力中心很接近——這個扭力只要一個人就能很容易地克服，故不必進行專門計算。

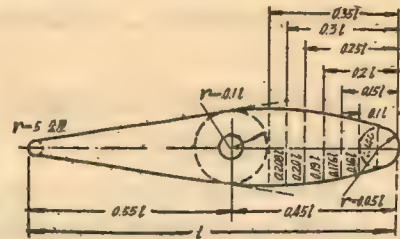


圖 146 導葉断面繪制法

(5) 吸出管（尾水管）

圓錐形吸出管的基本尺寸為（圖 147）：入口断面直徑 D_1 ；出口断面直徑 D_2 ；吸出管長 L ；擴散角 θ 。

吸出管入口断面的直徑由動輪直徑來確定：

$$D_1 = D + 2\Delta \quad (125)$$

式中 Δ ——動輪輪葉末端與座環內壁間的允許間隙，一般采用 3~5 公厘。

吸出管出口断面直徑 D_2 ，須根據按下式求出的出口允許流速來確定：

$$v_{\text{BLIX}} \leq (0.5 \sim 0.7) \sqrt{H} \quad (126)$$

從而

$$D_2 = 2 \sqrt{\frac{Q}{\pi v_{\text{BLIX}}}}$$

吸出管長由直徑 D_1 ， D_2 及 θ 確定，計算公式如下（圖 147 吸出管示意圖 147）：

$$L = \frac{D_2 - D_1}{2 \tan \frac{\theta}{2}} \quad (127)$$

擴散角 θ 不應過大，否則水流即將脫離管壁，吸出管也將不能以全断面工作。

擴散角 θ 與 $\frac{L}{D_1}$ 比值有關，建議按表 26 的關係採取 θ 角的值。

表 26

| $\frac{L}{D_1}$ | 1 | 2 | 4 | 10 |
|-----------------|-------|------|-----|-----|
| θ° | 10~18 | 7~12 | 5~8 | 3~5 |

為了確定 $\frac{L}{D_1}$ 的比值，首先應該確定吸出管長 L ，管長 L 的計算公式如下：

$$L = H - h_0 + 0.30 \text{ 公尺}$$

H ——當水電站下游水位最低時的總水頭；

h_0 ——水輪機室內的水深。

求得的吸出管的長度 L ，應能保證空氣不會從下邊進入吸出管里去。因此，吸出管的出口，至少應沒入最低尾水位下 0.3 公尺。

若上述由計算所得的吸出管長不能滿足這個要求時，則需要把吸出管加長。可是實際上發生的現象正好與此相反，即按計算條件求得的吸出管是很長的，因而常必須很深地沒入到尾水位以下去。

當水頭 $H = 2.5 \sim 3.0$ 公尺或更小時，要按照表 26 的條件製造直的吸出管是特別困難的。在這種情況下，為了使吸出管的擴散角合乎標準，常不得不將它很深地浸入水下。這樣就加大了水下挖方的數量，水下挖方數量往往大到無法施工的地步，因為在吸出管下面的泄水渠加固部分的底部，要求與吸出管出口相距 $(1.0 \sim 1.5) D$ ， D 為動輪直徑。因此在低水頭水電站內應改用鋼板焊制的彎尾水管。

(6) 泄水渠

泄水渠受水部分的断面應設計得使吸出管附近不發生水位壅高的現象。為此，應在吸出管下設一受水斗，它的底寬等於水輪機室的淨寬（即圖 1406 內 B 字所指示的尺寸），边坡應為 $1:1 \sim 1:1\frac{1}{2}$ 。當泄水渠很長時，可在受水斗以外逐漸將泄水渠縮小，縮至與導水渠相同的尺寸。泄水渠內的水深應以能保證渠內流速不大于從吸出管出來的流速為準，同時也不應超過渠道土壤的沖刷流速。

因為吸出管下面受水斗加固部分的底部常比渠道底部為低，所以在受水斗與泄水渠連接的一段渠底上，要做出光滑的斜坡，坡度在 $1:3 \sim 1:4$ 之間，這樣就可避免相當大的局部損失了。

(7) 例題

現在需要設計一個水電站，其中裝有一台木制旋槳式的水輪機，以及與發電機相連接的傳動裝置，設計的数据如下：

設計水頭（除去導水槽與泄水渠內的損失） $H = 3$ 公尺；

上游水位漲落幅度 $\Delta H = 0.2$ 公尺；

設計流量 $Q = 0.75$ 秒公方；

水輪機的最高效率採用 $\eta = 0.75$ 。

〔解〕水輪機的出力為：

$$N = 10QH = 10 \times 0.75 \times 3.0 = 22.5 \text{ 馬力}$$

採用四葉式動輪的最高比速 $n_s = 400$ 作為設計水輪機時所用的比速：

$$n_s = \frac{n \sqrt{N}}{H \sqrt[3]{N}} = \frac{n \sqrt{22.5}}{3 \sqrt[3]{3}} = 400$$

由此可得，水輪機的轉數 $n = 333$ 轉/分鐘，在有必要設置皮帶傳動裝置時，這樣大的轉速也是適當的。

導水槽 在設計条件下, 采用導水槽內水深 $h=1.0$ 公尺, 允許流速 $v=0.8$ 公尺/秒。

$$\text{導水槽寬度 } b = \frac{Q}{vh} = \frac{0.75}{0.8 \times 1} = 0.94 \text{ 公尺};$$

采用 $b=1$ 公尺。

水輪機動輪 動輪直徑按公式 (94) 計算如下:

$$D = 4.5 \sqrt[3]{\frac{Q}{n}} = 4.5 \sqrt[3]{\frac{0.75}{333}} = 0.59 \text{ 公尺}$$

采用 $D=600$ 公厘。

采用輪轂直徑 $d=mD=0.447 \times 600=268$ 公厘。

輪葉傾角按公式 (104) 与 (106) 計算:

$$\cot \beta_D = 2.71 - \frac{1,400}{n_s^{\frac{1}{3}}} = 2.71 - \frac{1,400}{400^{\frac{1}{3}}} = 2.23$$

从而查得 $\beta_D=24^\circ 10'$;

$$\cot \beta_a = m \cot \beta_D = 0.447 \times 2.23 = 0.998$$

从而查得 $\beta_a=45^\circ$ 。

動輪的工作高度由公式 (107) 計算如下:

$$h_p = \frac{5,290 D \sin^2 \beta_D}{n_s^{\frac{1}{3}}} = \frac{5,290 \times 0.6 \times 0.168}{400^{\frac{1}{3}}} = 0.181 \text{ 公尺} = 181 \text{ 公厘}$$

采用由四層十字形輪葉拼塊疊成的動輪, 每層厚 $t_a=45$ 公厘, 因此 $h_p=45 \times 4=180$ 公厘。

輪葉末端的厚度采用 $t_n=17.5$ 公厘, 輪葉与輪轂相連處的厚度采用 $t_b=48$ 公厘。

樣板的尺寸求得如下:

$$ab = \frac{t_n}{\sin \beta_D} = \frac{17.5}{0.423} = 42.7 \approx 43 \text{ 公厘}$$

$$bc = t_a \cot \beta_D = 45 \times 2.23 = 100 \text{ 公厘}$$

$$ek = m \cdot bc = 0.447 \times 100 \approx 45 \text{ 公厘}$$

$$de = \frac{t_b}{\sin \beta_a} = \frac{48}{0.71} = 67 \text{ 公厘}$$

按照公式 (113) 的条件校核 de 如下:

$$ab + bc - ek - 0.175(D-d) = 43 + 100 - 45 - 0.175 \times (600 - 270) = 40 \text{ 公厘} < 67 \text{ 公厘}$$

因而, 仍以采用 $de=67$ 公厘为佳。

輪葉所占的過水断面为:

$$4 \times \frac{ab+de}{2} \times \frac{D-d}{2} = (0.043 + 0.067) \times (0.60 - 0.27) = 0.0363 \text{ 平方公尺}$$

整个圓环面積:

$$\omega = \frac{\pi D^2}{4} (1 - m^2) = \frac{3.14 \times 0.6^2}{4} \times (1 - 0.45^2) = 0.226 \text{ 平方公尺}$$

輪葉的阻塞系数 k 为

$$k = \frac{0.0363}{0.226} = 0.162$$

用所得的值來代替計算时所取的值 $k=0.18$ “見公式 (104) 上的說明”。

当 $k=0.162$ 及所采取的 $m=0.45$ 时, λ 值將为:

$$\lambda = (1 - 0.162) \times (1 - 0.45^2) = 0.667$$

而公式 (104) 將改为以下的形式:

$$\cot \beta_D = 2.75 - \frac{1,420}{n_s^{\frac{1}{3}}}$$

当 $n_s=400$ 时得 $\cot \beta_D=2.27$ 及 $\beta_D=24^\circ 40'$ 以代替 $24^\circ 10'$ 。

这样的誤差是完全可以允許的, 所以可不变更原計算的木板寬度。

按旋槳輪轂的尺寸 (公式 114), 求得輪葉木板寬度:

$$B = \frac{d}{\sqrt{2}} = \frac{270}{\sqrt{2}} = 190 \text{ 公厘}$$

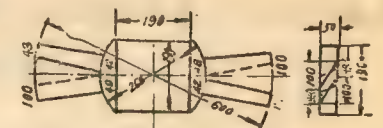


圖148 四葉式水輪機輪葉拼塊樣板

輪葉末端的木板寬度 (公式 115):

$$B = ab + bc = 43 + 100 = 143 \text{ 公厘}$$

采用以上兩個 B 值中的較大值, 即取 $B=190$ 公厘, 設計的樣板如圖 148 所示。

泄水錐的長度采用:

$$0.8d = 0.8 \times 268 = 215 \text{ 公厘}$$

在泄水錐頂面与最下一層的十字形輪葉拼塊之間, 加入一个木圓盤。在最上一層十字形拼塊之上加放兩個木圓盤, 然后与動輪其他部分用螺栓穿釘在一起。在上面的兩個木圓盤之上, 再压上第三个木圓盤, 以遮盖螺栓的螺絲帽, 这个圓盤以木螺絲固定在動輪輪轂上。

水輪機主軸直徑按公式 (119) 計算:

$$d_b = 14.6 \sqrt[3]{\frac{N}{n}} = 14.6 \sqrt[3]{\frac{22.5}{333}} = 5.95 \text{ 公分}$$

所以采用 $d_b=60$ 公厘。

導水裝置 導水裝置的內徑按公式 (120) 計算:

$$D_b = D + 40 = 600 + 40 = 640 \text{ 公厘}$$

它的外徑按公式 (121) 計算:

$$D_H = 1,000D \left(1 + 0.03 \sqrt{\frac{n_s}{D}} \right) = 1,000 \times 0.6 \times \left(1 + 0.03 \sqrt{\frac{400}{0.6}} \right) = 1,060 \text{ 公厘}$$

水輪機頂蓋直徑 D_K :

$$D_K = 1,060 + 40 = 1,100 \text{ 公厘}$$

導水裝置高度 B_1 , 当 $n_s=400$ 时, 为

$$B_1 = 0.4 \times D = 0.4 \times 600 = 240 \text{ 公厘}$$

導叶数目采用 $z_0 = 12$, 導水板中心綫与導水裝置內圓周切綫的夾角 α , 按公式 (122) 計算:

$$\tan \alpha = \frac{n_2^{\frac{1}{2}}}{9,250s} = \frac{400^{\frac{1}{2}}}{9,250 \times 0.4} = 0.795$$

$$\alpha = 38^\circ 30', \sin \alpha = 0.623$$

導叶長度按公式 (123) 計算, 当 $\frac{D_H}{D_b} = \frac{1,060}{640} = 1.65$ 时:

$$l = \frac{D_b}{2} \left(\sqrt{\left(\frac{D_H}{D_b} \right)^2 + \sin^2 \alpha} - 1 - \sin \alpha \right) = \frac{640}{2} (\sqrt{1.65^2 + 0.623^2} - 1 - 0.623) = 270 \text{ 公厘}$$

各導叶轉軸中心所在的圓周直徑按公式 (124) 計算:

$$D_H = \sqrt{1.2l^2 + D_b^2 + 2.2D_b \cdot l \cdot \sin \alpha}$$

$$= \sqrt{1.2 \times 0.27^2 + 0.64^2 + 2.2 \times 0.64 \times 0.27 \times 0.623} = 0.856 \text{ 公尺} = 856 \text{ 公厘}$$

座环的高度 $h_p + 50 = 180 + 50 = 230$ 公厘*。与圖 133 相似, 座环嵌入地板內 50 公厘。

水輪机室 水輪机室進水口的流速按公式 (92) 計算:

$$v_k = 0.5\sqrt{H} = 0.5\sqrt{3} = 0.87 \text{ 公尺/秒}$$

在給定的流量之下, 水輪机室的進口断面为

$$\omega_k = \frac{Q}{v_k} = \frac{0.75}{0.87} = 0.86 \text{ 平方公尺}$$

水輪机室內的水深 h_0 , 須按導水裝置的淹沒条件“公式 (93)”來确定:

$$h_0 = B_1 + \Delta H + 0.7 = 0.24 + 0.2 + 0.7 = 1.14 \text{ 公尺}$$

采用 $h_0 = 1.20$ 公尺, 比計算值有一点富余。

水輪机室入口處斜坡的高度

$$\Delta h = h_0 - h = 1.20 - 1.00 = 0.20 \text{ 公尺}$$

水輪机室的進水口寬度

$$b_0 = \frac{\omega_k}{h_0} = \frac{0.86}{1.2} = 0.72 \text{ 公尺}$$

由導水槽到水輪机室需要有一个小的斜坡。水輪机室的平面圖如圖 149 所示。

吸出管 采用直立圓錐式尾水管。

取座环与动輪輪叶外緣間間隙 $\Delta = 3$ 公厘, 得吸出管的進水口直徑为

$$D_1 = D + 2\Delta = 600 + 2 \times 3 = 606 \text{ 公厘} = 0.606 \text{ 公尺}$$

吸出管出口流速, 按公式 (126) 計算:

* 此式原文为 $h_p + 50 = 200 + 50 = 250$ 公厘, 但 h_p 值与以前所計算的 180 公厘不符, 疑有誤, 乃改如上式——編注。



圖 149 蜗壳形水輪机室

$$v_{BIX} = 0.6\sqrt{H} = 0.6\sqrt{3.0} = 1.04 \text{ 公尺/秒}$$

吸出管出口断面計算如下:

$$\omega_2 = \frac{Q}{v_{BIX}} = \frac{0.75}{1.04} = 0.72 \text{ 平方公尺}$$

吸出管出口的直徑 D_2 可求得为 $D_2 = 0.96$ 公尺。

茲先求出吸出管的長度 L 为

$$L = H - h_0 + 0.3 = 3.0 - 1.2 + 0.3 = 2.1 \text{ 公尺}$$

于是比值 $\frac{L}{D_1} = \frac{2.1}{0.606} = 3.5$

查表 26, 当 $\frac{L}{D_1} = 4.0$ 时, 圓錐角的極限值為 $\theta = 8^\circ$, 根据公式 (127) 計算, 吸出管应有的長度如下:

$$L = \frac{D_2 - D_1}{2 \tan \frac{\theta}{2}} = \frac{0.96 - 0.606}{2 \tan 4^\circ} = 2.50 \text{ 公尺}$$

由水輪机室內的水面到吸出管進水口的水深, 如將座环嵌入地板內的 5 公分計算在內, 則將等于: $h_0 + 0.05 = 1.2 + 0.05 = 1.25$ 公尺。

于是在尾水位以上的吸出管長度为

$$H - 1.25 = 3.0 - 1.25 = 1.75 \text{ 公尺}$$

吸出管应沒入尾水位以下的深度为 $L = 2.5 - 1.75 = 0.75$ 公尺。吸出管下面的受水斗底部应比吸出管出水口低 $1.2D = 1.2 \times 0.6 = 0.72$ 公尺。

所以受水斗的总深度將近 1.5 公尺。

最好能把受水斗的总深度减少一些。如此則需要把吸出管縮短, 也就是說, 令吸出管的泄水流速加大, 使它的值比設計中采用的高一些。

支承部分与皮帶輪 支承軸承采用圓錐式鋼輓軸承。

把主軸支承在軸承上的圓环, 它的高度采取等于 40 公厘, 以三个螺釘固定于軸上, 环上有鑽好的螺絲孔。

裝在水輪机頂盖上的導軸承, 采用夾布膠木的或橡木 (櫟木) 的。

水輪机軸上的出力 $N = 22.5$ 馬力 = 16.6 瓩。

当傳动效率 $\eta_n = 0.93$ 及發电机效率 $\eta_r = 0.85$ 时, 發电机的出力为:

$$N_r = N \cdot \eta_r \cdot \eta_n = 16.6 \times 0.85 \times 0.93 = 13.1 \text{ 瓩}$$

發电机轉数 $n_r = 1,000$ 轉/分;

皮帶輪直徑 $d_r = 360$ 公厘;

皮帶輪寬度 $B_r = 200$ 公厘。

水輪机皮帶輪直徑 d_r 按下列公式計算:

$$d_r = 1.02 \frac{n_r}{n_t} d_t = \frac{1.02 \times 1,000}{333} \times 360 = 1,100 \text{ 公厘}$$

皮帶輪間距不应小于 4.5 公尺。

(陈乾元譯)

六、農村水电站的傳動設備

B.C. 格伏斯捷夫等

水利部北京勘测設計院水电組按：根据我組在四川和福建兩省所調查的大部分小型水电站來看，以往所建的小型水电站对于傳動設備的設計是考慮得不够的，不是弄得厂房很大（傳動皮帶過長）就是皮帶過短，還有很多用齒輪傳動，很複雜而且效率不高。因此我組組織兩位同志譯出本篇，供小型水电站的設計和改進的參考。我們的意見是以平皮帶和三角皮帶傳動為最好。我國生產的平皮帶和三角皮帶的規格可參照輕工業部的產品樣本。

一 概 說

在所有的農村水电站中，对于出力大于120~130瓩的機組的能量傳遞都采用直接傳動（即把水輪機軸直接与發電機軸联接起來）。但如果水輪機的轉速很高，那末虽然機組容量很小，水輪機也可以与發電機在同一根軸上工作。对于出力小于120~130瓩的機組，假如它的轉速不够大，則从水輪機軸到發電機軸的能量傳遞就用皮帶傳動。这时，所有的橫軸水輪機为了傳遞能量到橫軸發電機的軸上都采用平皮帶傳動，而所有的立軸水輪機为了傳遞能量到立軸發電機的軸上則都用三角皮帶傳動。所有其他形式的傳動設備如：半交叉皮帶傳動、錐形齒輪傳動（它是先从水輪機的立軸傳到中間傳動橫軸上，然后再用皮帶傳到發電機軸上），以及減速齒輪等，或是由于傳動效率低，或是由于技術複雜和價錢昂貴而不予推荐。

平皮帶傳動

平皮帶的最大优点是簡單易做和工作非常可靠。当裝設恰当时，平皮帶傳動的效率为0.95。这种傳動形式的缺点是發電機距水輪機相当远，因此加大了機器房的尺寸。

平皮帶傳動的各个部分的基本計算公式为：

$$n_T d_T = n_R d_R \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{或 } i = \frac{n_R}{n_T} = \frac{d_T}{d_R} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中： n_T ——水輪機的轉速（轉/分）；

n_R ——發電機的轉速（轉/分）；

d_T ——水輪機皮帶輪（即主動皮帶輪）的直徑；

d_R ——發電機皮帶輪（即從動皮帶輪）的直徑；

i ——傳動比數。

当計算水輪機到發電機的傳動時，通常是根據工厂大批生產的發電機的标准皮帶輪的尺寸。

在發電機的皮帶輪為一定的尺寸時，水輪機皮帶輪的尺寸按照下式計算：

$$d_T = \frac{1.02 d_R n_R}{n_T} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中的1.02為約計到皮帶的滑動而加上的系數。这样，皮帶輪的实际尺寸就常常比（1）式所算得的要稍大一点。有些人常常会錯誤地用（1）式來計算主動皮帶輪的直徑。

皮帶的速度按下式計算：

$$v = \frac{\pi d_T n_T}{60} = \frac{\pi d_R n_R}{60} \text{ 公尺/秒 } \dots\dots\dots (4)$$

式中 d_T 和 d_R 都以公尺計。

为了使皮帶傳動設備能很好地工作，皮帶应有足够大的速度（例如20~25公尺/秒）；下層皮帶一般应作为主動部分，并且为了使傳動工作進行得更好，兩皮帶輪中心的联綫应尽可能地接近水平。

平皮帶傳動的正常工 作，在很大程度上随較小的一个皮帶輪即發電機皮帶輪的皮帶包圍角而定。因为傳動比數增大則發電機皮帶輪的皮帶包圍角就减小，所以平皮帶的傳動比數不应大于4。为了保証較小直徑的皮帶輪的包圍角不致于过小，同样也不应减小發電機軸和水輪機軸的間距，这个間距用实际工作中得來的專門公式計算。在这些公式中，最通用的一個公式（也是本文所推荐的公式）是按照皮帶輪的直徑來确定輪心間的最小距离 L_{MH} （圖1）。这个公式如下：

$$L_{MH} = 2(d_T + d_R) \quad \dots\dots\dots (5)$$

过大和过小的輪心間距，对于皮帶傳動都有不良的影响。最合適的輪心間距視計算得出的皮帶寬度而定，并可采用表（1）中所列的数值。

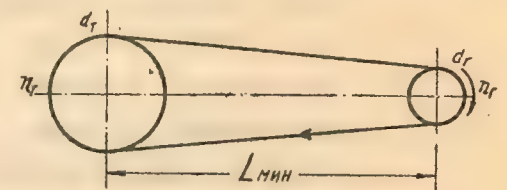


圖 1

表 1

| 皮帶寬（公分） | 10 | 20 | 30 | 50 | 80 |
|-------------------|-----|-----|-----|------|------|
| 最合適的輪心間距 L （公尺） | 5.5 | 8.0 | 9.0 | 10.0 | 11.0 |

在实际工作中，为了减少水电站機器房的面積，采用的輪心間距常比表1中所列的小得多，而接近于按（5）式得出的最小值。

当選擇皮帶断面時，应注意到寬而薄的皮帶比寬而厚的皮帶要好，但皮帶的寬度

应符合发电机标准皮带轮的宽度。在規定皮带的厚度时，应根据較小的皮带轮的直径。在表2中按照各种皮带的耐久性列出皮带的最大許可厚度 δ 与皮带轮直径 d 的比值。在这个表中对应于 δ/d 的最大值列出了皮带每一平方公分截面积上的許可应力；这些許可应力是在下列条件下根据試驗得來的：皮带的綫速度 $v=10$ 公尺/秒，較小的皮带轮的包圍角 $\alpha=180^\circ$ ，傳动设备在正常的負荷下工作而沒有震动和冲击。

表 2

| 皮 帶 型 式 | δ/d 的 最 大 值 | 許可应力 K_0 (公斤/平方公分) |
|---------|--------------------|----------------------|
| 牛 皮 帶 | $\frac{1}{40}$ | 22 |
| 橡 皮 帶 | $\frac{1}{40}$ | 20 |
| 棉 織 皮 帶 | $\frac{1}{50}$ | 17 |
| 毛 織 皮 帶 | $\frac{1}{30}$ | 13 |

如果傳动皮带的使用条件与确定容許应力 K_0 时的条件不同，那末皮带的实际有效应力 K 应按式确定：

$$K = K_0 c f \varepsilon \dots\dots\dots (6)$$

式中 c ——速度系数，与皮带的綫速度有关：

当 $v < 20$ 公尺/秒时， $c = 1.0$ ；

当 $v = 20 \sim 25$ 公尺/秒时， $c = 0.95$ ；

当 $v = 25 \sim 30$ 公尺/秒时， $c = 0.85$ 。

f ——系数，与較小的一个皮带轮的皮带包圍角有关：

当 $\alpha = 180^\circ$ 时， $f = 1.00$ ；

当 $\alpha = 150^\circ$ 时， $f = 0.90$ ；

当 $\alpha = 120^\circ$ 时， $f = 0.80$ 。

ε ——与傳动情况及農村水电站的情况有关的系数，它随負荷的均匀性而变于 $0.8 \sim 0.9$ 之間。

皮带的必需長度按下式計算：

$$l = \pi \left(\frac{d_T}{2} + \frac{d_r}{2} \right) + 2L + l_{\text{сш}} \dots\dots\dots (7)$$

式中： $l_{\text{сш}}$ ——用于縫合或膠合的皮带長度，采用等于 $0.4 \sim 0.75$ 公尺，視皮带的寬度和層数而定。

水电站机組的傳动皮带可以采用牛皮的、橡皮的、棉織的和駱駝毛織的。但我們不建議采用牛皮皮带，因为牛皮很缺乏，而且它可以用其他材料的皮带來代替。棉織皮带不宜用于潮湿的房間里，同时也不宜于在負荷常有变化的条件下工作，而在農村水电站里，負荷总是有变化的。用几層棉布以硫化橡膠膠合起來的橡皮皮带使用得最普遍，因为它制做容易，而且潮湿和温度变化对它的影响很小。

橡皮皮带的标准尺寸列在表3中（按ГОСТ101—41）。

表 3

| 皮 帶 寬 度 (公 厘) | 層 數 | 皮 帶 厚 度 (公 厘) | 皮 帶 寬 度 (公 厘) | 層 數 | 皮 帶 厚 度 (公 厘) |
|---------------------|-----|---------------|---------------|-----|---------------|
| 20、25、30 和 40 | 2 | 2.50 | 250、300 | 4 | 5.00 |
| | 3 | 3.75 | | 5 | 6.25 |
| 50、60 和 70 | 3 | 3.75 | | 6 | 7.50 |
| | 4 | 5.00 | 350、400 和 450 | 7 | 8.75 |
| | 5 | 6.25 | | 5 | 6.75 |
| 80 和 100 | 3 | 3.75 | | 6 | 8.10 |
| | 4 | 5.00 | | 7 | 9.45 |
| | 5 | 6.25 | 500 | 8 | 10.80 |
| 125、150、175、200、225 | 6 | 7.50 | | 5 | 6.75 |
| | 4 | 5.00 | | 6 | 8.10 |
| | 5 | 6.25 | | 7 | 9.45 |
| | 6 | 7.50 | | 8 | 10.80 |
| | | | | 9 | 12.15 |

当已知发电机和水輪机的皮带轮的直径以及轉速时，根据从水輪机軸傳到发电机的能量 N 來选定皮带的方法如下：

(a) 按公式(4)确定皮带的綫速度；

(б) 根据所采用的水輪机軸与发电机軸的間距和傳动比数，确定发电机皮带的皮带包圍角。这个角度可以用繪制傳动圖解的方法求得，也可以用公式(11)來計算。

(в) 根据表(2)和公式(6)确定所选定的皮带的实际許可应力。

(г) 根据所傳遞的能量 N (瓩)和皮带的綫速度 v (公尺/秒)，按下式确定圓周力：

$$P = 102 N / v \text{ 公斤} \dots\dots\dots (8)$$

(д) 确定皮带的断面積： $\omega = \frac{P}{K}$ 平方公分。

(е) 根据发电机皮带轮的直径，利用表2中的資料來确定皮带的最大許可厚度，这一厚度应按同一类型皮带的标准尺寸修正为較小的一个标准厚度。

(ж) 根据皮带的断面積和选定的厚度 δ 确定它的寬度 $b = \omega / \delta$ (公分)，并修正为该类型皮带的标准尺寸。然后按发电机皮带的寬度來檢查采用这种皮带的可能性。

(з) 根据公式(7)确定皮带的必需長度。

例：选择橡皮皮带以便將能量自工作水头为7.5公尺的 $\Phi 300-\Gamma\Phi-71$ 型水輪机傳遞到C13—4—8型的发电机上；水輪机的轉速为每分鐘302轉，发电机的轉速为每分鐘750轉。所傳遞的最大能量 N 为112.5瓩；发电机皮带轮的直径 $d_r = 71$ 公分，寬度 $b_r = 40$ 公分。則水輪机皮带轮的直径为：

$$d_T = \frac{10.2 d_r n_r}{n_T} = 180 \text{ 公分}$$

由此，傳遞比数 $i = \frac{n_r}{n_T} = 2.48$ 。

水輪機軸與發電機軸的間距為 5.5 公尺。

為選定皮帶進行下列的計算：

(а) 根據公式 (4) 計算皮帶的綫速度：

$$v = \frac{3.14 \times 0.71 \times 750}{60} = 27.8 \text{ 公尺/秒}$$

(б) 用作圖法求得發電機皮帶輪的皮帶包圍角約為 165° ；

(в) 根據表 (2) 和公式 (6)，考慮到皮帶的綫速度、包圍角和工作條件，皮帶的許可應力為：

$$K = 20 \times 0.85 \times 0.90 \times 0.85 = 13 \text{ 公斤/平方公分}$$

(г) 傳動時的皮帶圓周力： $P = \frac{102 \times 112.5}{27.8} = 413 \text{ 公斤}$ ；

(д) 皮帶斷面積： $\omega = 413/13 = 31.8 \text{ 平方公分}$ ；

(е) 根據表 (2) 確定皮帶的最大厚度： $\delta = \frac{710}{48} = 17.7 \text{ 公厘}$ ，採用 $\delta = 9.45 \text{ 公厘}$ ；

(ж) 根據選用的皮帶厚度確定皮帶的寬度： $b = \frac{31.8}{0.945} = 33.7 \text{ 公分}$ ，採用 $b = 35 \text{ 公分}$ 。

因此，在給定的條件下應採用寬 350 公厘、厚 9.45 公厘並具有 7 層的橡皮皮帶。
皮帶的長度： $l = 3.14 \left(\frac{0.71}{2} + \frac{1.8}{2} \right) + 2 \times 5.5 + 0.60 = 15.50 \text{ 公尺}$ 。

三角皮帶傳動

三角皮帶傳動的特點是皮帶與皮帶輪能更好地結合，所以當傳動比數較大時它可以保證較短的中心間距 L (圖 2)。同時，不論皮帶輪在什麼位置它都能很好地工作。因此，廣泛地採用這種皮帶來將能量從立軸水輪機傳遞到立軸發電機。在安裝得合適的情況下，三角皮帶的傳動效率約為 0.96。這種傳動的缺點是皮帶的使用時期比平皮帶傳動要短一些，皮帶輪的價錢也比較高。

三角皮帶傳動的皮帶輪的尺寸，與平皮帶傳動一樣也根據發電機和水輪機的轉速按公式 (3) 來確定。但由於三角皮帶的滑動很小而可以忽略不計，因此皮帶輪直徑的公式變成如下的形式：

$$D_T = \frac{d_r n_r}{n_T} \dots \dots \dots (9)$$

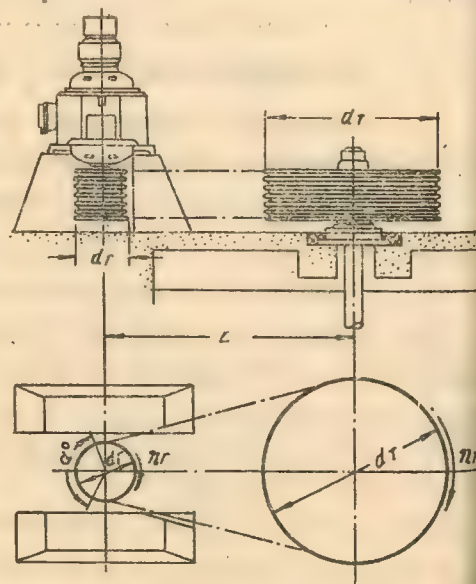


圖2 三角皮帶傳動示意圖

當計算從立軸水輪機軸到立軸發電機軸的傳動時，應先計算較小的皮帶輪（即發電機的皮帶輪）的直徑，然後按它再來確定水輪機皮帶輪的直徑。如果皮帶在輪槽中的位置正確，並且包圍角不小於 180° ，則採用繞過輪子的皮帶的節圓綫上兩個徑向相對點間的直綫距離作為三角皮帶的皮帶輪的計算直徑。

必須考慮到，當減小皮帶輪的直徑時，皮帶所傳遞的能量也將減少，因而傳遞效率也要降低；同時由於皮帶的彎曲度增大而將使它的使用時期縮短。

皮帶輪直徑 d 與皮帶厚度 h 之比，即 d/h (見圖 3)，系表征較小皮帶輪的最小允許直徑的數值。對於三角皮帶，採用比值 $d/h \approx 27$ 。

傳動比數，即水輪機和發電機轉速的比數，或者是水輪機和發電機的皮帶輪直徑的比數，在三角皮帶傳動中可以达到 10。

三角皮帶都是做成環形的，它有多種的標準截面和長度。工廠里生產有七種標準的截面。按小型水電站的需要，我們僅採用其中最適合於所傳遞的能量和所選用的皮帶輪的 B、Г 和 Д 三種型式。此外，為了使三角皮帶傳動設備標準化，每種皮帶只有四種長度。

皮帶的截面和長度的標準尺寸列於表 (4) 中。此外對於每一種皮帶截面，相對於它每一個按內周量得的長度給出按節圓綫量得的計算長度，這一長度在計算皮帶輪的間距時應用。

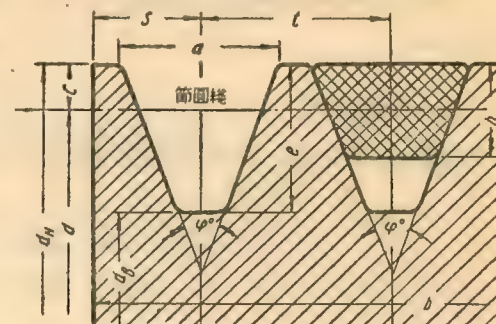


圖3 三角皮帶傳動設備中皮帶槽的斷面和皮帶的位置

表 4
適用於農村水電站的三角皮帶的型式 (ГОСТ 1284—45)

| 皮帶型式 | 皮帶橫截面 | | | 相對於各種內周長 (公厘) 的計算長度 (公厘) | | | | 可傳遞的能量 (近似的) (瓩) |
|------|--------|--------|-----------------|--------------------------|-------|-------|-------|---------------------|
| | a (公厘) | h (公厘) | φ° | 3,500 | 4,500 | 6,300 | 8,000 | |
| B | 22 | 13.5 | 40 | 3,594 | 4,544 | 6,344 | 8,044 | 35 以下 |
| Г | 32 | 19.0 | 40 | 3,610 | 4,560 | 6,360 | 8,060 | 80 以下 |
| Д | 38 | 23.5 | 40 | — | 4,574 | 6,374 | 8,074 | 80 以上 |

三角皮帶的皮帶輪的最小中心間距有時採用等於較大的一个皮帶輪的直徑，即 $L_{\text{min}} = d_{\text{max}}$ ，中心間距愈小，單位時間內皮帶所發生的彎曲次數愈多，則其耐久性也愈差。因此必須避免過小的中心間距。三角皮帶傳動的皮帶輪的中心間距最大許可值等於：

$$L_{\text{max}} = 2(d_T + d_r) \dots \dots \dots (10)$$

將 (10) 式和 (5) 式加以比較，可以看出在平皮帶傳動時認為最小的中心間距成為三角皮帶傳動中的最大的中心間距。

虽然当包围角为 90° 时，三角皮帶傳动設備还是可以工作得很可靠，然而較小的輪子的皮帶包围角还是不应小于 120° 。包围角按下式确定：

$$\alpha = 180^\circ - \frac{(d_T - d_r)60^\circ}{L} \quad (11)$$

皮帶的速度（按 4 式計算）不应超过 25 公尺/秒。根据 ЦНИИТМАШ 的实验，效率最大的皮帶速度是 10 公尺/秒，而傳遞最大能量时的速度则为 22 公尺/秒。速度小于 5 公尺/秒是不合理的，因而是完全不能采用的。

一根三角皮帶所能傳遞的能量 N_0 （瓦），随皮帶的綫速度而变，它的数值列于表 5 中。

表 5

| 皮帶型式 | 在不同速度（秒公尺）下，一根皮帶所能傳遞的能量（瓦） | | | | | | | | | |
|------|----------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 |
| В | 2.3 | 3.1 | 3.8 | 4.4 | 4.9 | 5.4 | 5.9 | 6.2 | 6.4 | 6.5 |
| Г | 4.8 | 6.3 | 7.8 | 8.6 | 10.3 | 11.2 | 12.2 | 12.8 | 13.2 | 13.4 |
| Д | 7.1 | 8.2 | 11.3 | 13.2 | 14.9 | 16.2 | 17.6 | 18.5 | 19.3 | 19.3 |

上表所列的能量值是在包围角等于 180° 、傳遞的負荷均匀而平穩的条件下确定的；如果包围角小于 180° ，则应加入改正系数 k_1 ，改正系数根据包围角按表 6 确定。

表 6

| 包围角（度） | 180 | 170 | 160 | 150 | 140 | 130 | 120 | 110 | 100 |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 改正系数 k_1 | 1.00 | 0.97 | 0.94 | 0.91 | 0.88 | 0.85 | 0.82 | 0.79 | 0.76 |

对于不均匀的負荷则加入改正系数 k_2 ，在農村水电站中， k_2 采用等于 0.9。因此，实际上一根皮帶所能傳遞的能量按下式确定：

$$k_1 k_2 N_0 = 0.9 k_1 N_0 \quad (12)$$

傳遞一定能量所需要的皮帶根数 z ，按下式計算：

$$z = \frac{N}{0.9 k_1 N_0} \quad (13)$$

式中 N 为所需傳遞的能量（瓦）。

皮帶輪的外徑 d_H 和內徑 d_B 按下式計算：

$$d_H = d + 2c \quad (14)$$

$$d_B = d_H - 2e \quad (15)$$

皮帶輪的寬度 b 按下式确定：

$$b = (z - 1)t + 2s \quad (16)$$

式中 c 、 e 、 t 、 s 和 φ 的数值（見圖 3），与皮帶的型式有关，可从表 7 中取得。

为了避免損伤輪子的外緣，很多工厂往往不得不增大 s 的尺寸，特别是当輪子較大时。

三角皮帶的皮帶輪各部分的标准尺寸

表 7

| 皮帶型式 | 尺寸（公厘） | | | | 相应于各种皮帶輪直徑（公厘）的 φ 角（度） | | | | | | | | | | |
|------|--------|-----|-----|-----|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|
| | c | e | t | s | 200 | 250 | 315 | 400 | 500 | 630 | 710 | 800 | 1,000 | 1,250 | 1,600 |
| В | 7 | 22 | 27 | 18 | 34 | 36 | 38 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| Г | 9 | 30 | 38 | 23 | — | — | 34 | 36 | 38 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| Д | 12 | 36 | 44 | 26 | — | — | — | — | 34 | 34 | 36 | 38 | 40 | 40 | 40 |

皮帶的計算長度 l （按它的節圓綫的長度計算）按下式确定：

$$l = 2L + 1.57(d_T + d_r) + \frac{(d_T - d_r)^2}{4L} \quad (17)$$

这样計算得的皮帶長度，应当变换成表 4 中与它接近的但略大于它的一个标准長度。

根据所选的皮帶長度 l ，皮帶輪的中心間距 L 按下式最后确定：

$$L = A + \sqrt{A^2 - B} \quad (18)$$

$$\text{式中 } A = \frac{l}{4} - 0.393(d_T + d_r);$$

$$B = 0.126(d_T - d_r)^2。$$

当水輪机和發电机皮帶輪的直徑、它們的轉速和傳遞的能量給定时，三角皮帶傳动的計算可按下列步驟進行：

- 根据公式 4 确定皮帶的綫速度；
- 近似地确定中心間距，令它接近于但較大于水輪机皮帶輪的直徑；
- 根据 11 式計算較小直徑的皮帶輪的皮帶包围角；
- 按所需傳遞的能量，从表 4 中选定皮帶的型式；
- 按照表 5，引用表 6 和公式 12 中的修正值，确定一根皮帶上所能傳遞的能量；
- 根据公式 13 确定皮帶根数；
- 根据公式 17 确定皮帶的計算長度，然后按照表 4 修正成标准尺寸；
- 根据公式 18 确定皮帶輪的中心間距；
- 根据公式 14、15、16 和表 7 确定水輪机和發电机皮帶輪的各个部分的尺寸。

例：設計一个三角皮帶傳动設備。拟傳遞的能量等于 94.5 瓦，發电机皮帶輪的直徑为 450 公厘，水輪机皮帶輪的直徑为 1,400 公厘，發电机的轉速为每分鐘 750 轉，水輪机的轉速为每分鐘 240 轉。

按照計算的步驟進行下列的計算：

$$(a) \text{ 皮帶的綫速度: } v = \frac{3.14 \times 0.45 \times 750}{60} = 17.7 \text{ 公尺/秒};$$

$$(b) \text{ 皮帶輪的中心間距初步采用: } L = 1.5 \text{ 公尺} > d_T;$$

$$(c) \text{ 發电机皮帶輪的皮帶包围角等于: } \alpha = 180^\circ - \frac{(1.40 - 0.45)60^\circ}{1.5} = 142^\circ;$$

(г) 根据所需傳遞的能量, 選用 Г 型皮帶;

(д) 确定每根皮帶所能傳遞的能量: $0.9 \times 0.89 \times 12 = 9.6$ 瓩;

(е) 确定皮帶的根数: $z = \frac{94.5}{9.6} \approx 10$;

(ж) 确定皮帶的計算長度: $l = 2 \times 1.5 + 1.57(1.4 + 0.45) + \frac{(1.4 - 0.45)^2}{4 \times 1.5}$
 $= 6.05$ 公尺; 采用标准尺寸 6.36 公尺;

(з) 确定中心間距: $L = 0.863 + \sqrt{(0.863)^2 - 0.114} = 1.66$ 公尺;

式中 $A = \frac{6.36}{4} - 0.393(1.40 - 0.45) = 0.863$; $B = 0.126(1.4 - 0.45)^2 = 0.114$;

(и) 發电机皮帶輪的外徑: $d_{г.н} = 45 + 2 \times 0.9 = 46.8$ 公分;

發电机皮帶輪的內徑: $d_{г.в} = 46.8 - 2 \times 3 = 40.8$ 公分;

水輪机皮帶輪的外徑: $d_{т.н} = 140 + 2 \times 0.9 = 141.8$ 公分;

水輪机皮帶輪的內徑: $d_{т.в} = 141.8 - 2 \times 3 = 135.8$ 公分;

水輪机和發电机皮帶輪的寬度: $b = (10 - 1) \times 3.8 + 2 \times 2.3 = 38.8$ 公分。

根据表 7 采用發电机皮帶輪皮帶槽的楔形角为 36° , 水輪机皮帶輪皮帶槽的楔形角为 40° 。

II 选择傳动設備所用的諾模圖

选择平皮帶和三角皮帶傳动設備时, 建議采用圖 4 所示的諾模圖。为了便于使用, 傳动設備的諾模圖分成三角皮帶傳动的諾模圖 (а) 和平皮帶傳动的諾模圖 (б)。这两个諾模圖都划分成很多的平行四边形, 每一个平行四边形相应于某一独立的机组, 即一定型式的水輪机和發电机。

在选择傳动設備时, 利用曾用以选择水輪机与發电机的相同的坐标 (即水輪机的軸出力和水头), 找到相应于該机组的平行四边形, 然后从圖上讀出傳动設備的序号和水輪机及發电机皮帶輪的尺寸。这样选定的傳动設備的全部技術数据都可以按序号从下面的表中查得。表中所列的全部平皮帶和三角皮帶的数据都是根据相应的 ГОСТ, 以及苏联水力机械制造机关关于水輪机皮帶輪的标准資料和水輪發电机的工厂資料而确定的。

装备着 $\Phi 300$ —ГО 和 $\Phi 300$ —ГФ 型水輪机而軸出力不大于 135 瓩的水电站宜于采用平皮帶傳动設備。当傳动比数在 1:1.24 至 1:3.92 的范围内时, 一切的任务用 17 組平皮帶來解决。用作为計算基礎的發电机的皮帶輪, 总共有四种直徑, 即 36、45、63 和 71 公分。水輪机皮帶輪的直徑則有 80、105、125、140、150、160 和 180 公分等七种直徑。各种傳动設備的各部分的尺寸列于表 8 中。

表中所列的橡皮皮帶的尺寸, 系按每一机组的最大出力而选定的, 假如实际的机组出力比在同一方塊中的机组的最大出力要小, 則皮帶的截面可重新計算。

从表中取得的水輪机皮帶輪的所有尺寸, 在定貨时必须預先說明。虽然發电机皮帶輪是按照工厂的圖紙选用, 但是因为某些發电机可以采用几种尺寸的皮帶輪, 所以在定貨时也必须預先說明它的尺寸。

裝設 $\Phi 300$ —ВО 和 ПРК70—ВО 型水輪机而軸出力不大于 146 瓩的水电站宜于采

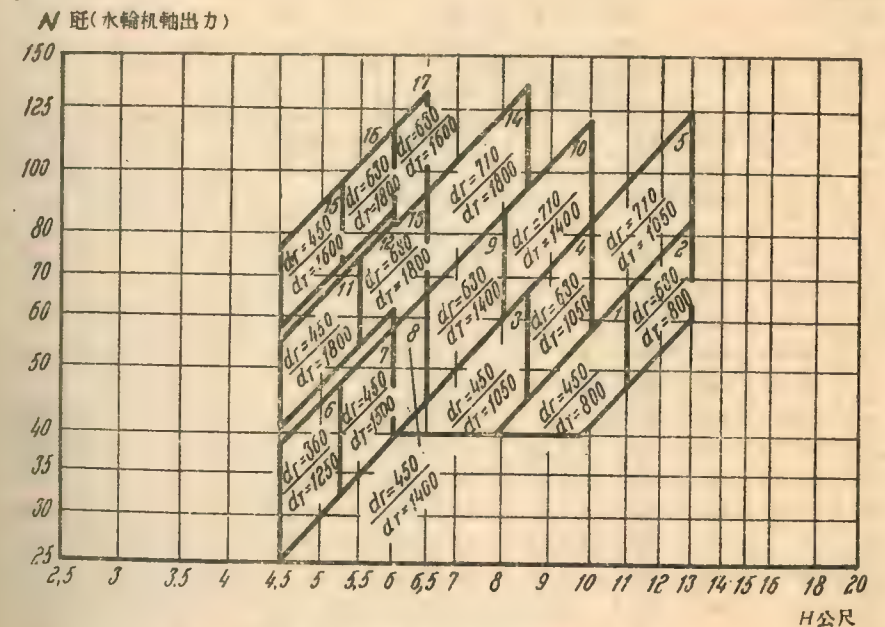
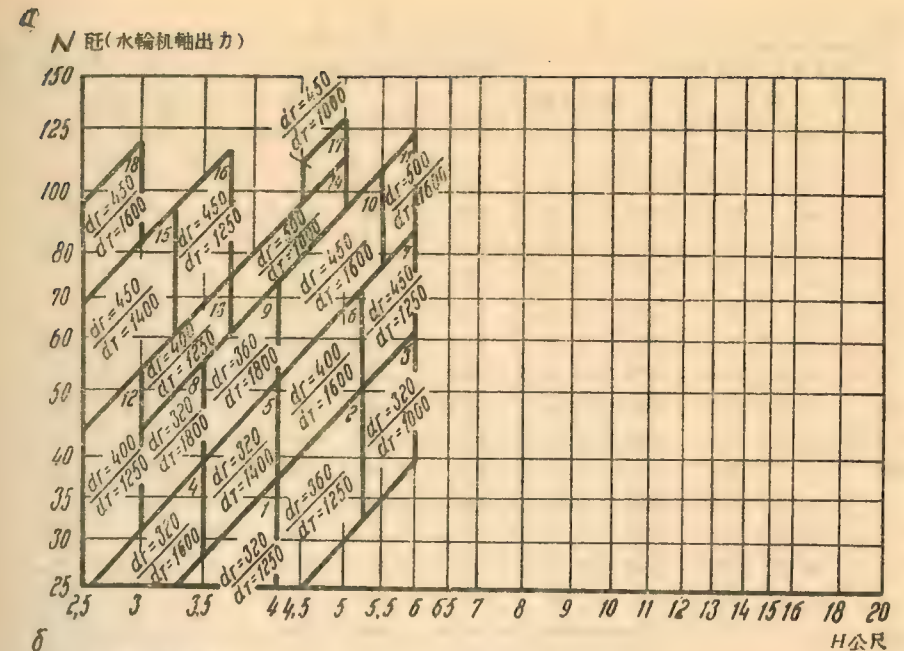


圖4 选择傳动設備用的諾模圖

а—三角皮帶傳动設備; б—平皮帶傳动設備 (分子为發电机皮帶輪直徑 d_r , 分母为水輪机皮帶輪直徑 d_t)

用三角皮帶傳动設備。当傳动比数在 1:2.00 至 1:5.62 范围内时, 总共有 18 組三角皮帶可以采用。可采用的發电机皮帶輪只有 5 种直徑, 它們为 32、36、40、45 和 50 公分; 水輪机皮帶輪的直徑为 100、125、140、160 和 180 公分。对于諾模圖所包括的水头与容量范围内的傳动設備, 采用 Г 型和 Д 型的二种皮帶。各种三角皮帶的各部分尺寸列入表 9 中。

平皮帶傳動設備

表 8

| 序 号 | 最大傳遞 能 量 (瓩) | 每分鐘轉數 | | 傳動比數 | 皮帶輪直徑(公厘) | | 皮帶輪 寬 度 (公厘) | 皮 帶 速 度 (秒公尺) | 橡 皮 皮 帶 (根據ГОСТ101-41) | | |
|-----|--------------------|-------|-------|--------|-----------|-------|--------------------|---------------------|---------------------------|-------------|-----|
| | | 水輪機 | 發電機 | | 水輪機 | 發電機 | | | 寬 度 (公厘) | 厚 度 (公厘) | 層 數 |
| 1 | 67 | 574 | 1,000 | 1:1.74 | 450 | 800 | 350 | 23.5 | 300 | 7.50 | 6 |
| 2 | 86 | 603 | 750 | 1:1.24 | 630 | 800 | 350 | 24.8 | 300 | 8.75 | 7 |
| 3 | 65.5 | 436 | 1,000 | 1:2.29 | 450 | 1,050 | 350 | 23.5 | 300 | 7.50 | 6 |
| 4 | 83 | 460 | 750 | 1:1.63 | 600 | 1,050 | 350 | 24.8 | 300 | 8.75 | 7 |
| 5 | 123 | 516 | 750 | 1:1.45 | 710 | 1,050 | 400 | 27.9 | 350 | 10.8 | 8 |
| 6 | 48.1 | 294 | 1,000 | 1:3.40 | 360 | 1,250 | 250 | 18.9 | 225 | 7.50 | 6 |
| 7 | 58.8 | 306 | 1,000 | 1:3.27 | 450 | 1,500 | 350 | 23.5 | 300 | 6.25 | 5 |
| 8 | 63.5 | 328 | 1,000 | 1:3.05 | 450 | 1,400 | 350 | 23.5 | 300 | 6.25 | 5 |
| 9 | 86.0 | 345 | 750 | 1:2.16 | 630 | 1,400 | 350 | 24.8 | 300 | 8.75 | 7 |
| 10 | 121 | 388 | 750 | 1:1.93 | 710 | 1,400 | 400 | 27.9 | 350 | 10.8 | 8 |
| 11 | 74.5 | 255 | 1,000 | 1:3.92 | 450 | 1,800 | 350 | 23.5 | 300 | 7.50 | 6 |
| 12 | 84.6 | 268 | 750 | 1:2.80 | 630 | 1,800 | 350 | 24.8 | 300 | 8.75 | 7 |
| 13 | 90.5 | 268 | 750 | 1:2.80 | 630 | 1,800 | 350 | 24.8 | 300 | 8.75 | 7 |
| 14 | 135.5 | 302 | 750 | 1:2.48 | 710 | 1,800 | 400 | 27.9 | 350 | 10.8 | 8 |
| 15 | 92.8 | 215 | 750 | 1:3.49 | 450 | 1,600 | 350 | 17.7 | 350 | 10.8 | 8 |
| 16 | 120.5 | 215 | 600 | 1:2.79 | 630 | 1,800 | 450 | 19.8 | 400 | 10.8 | 8 |
| 17 | 129.5 | 240 | 600 | 1:2.50 | 630 | 1,600 | 450 | 19.8 | 400 | 10.8 | 8 |

三角皮帶傳動設備

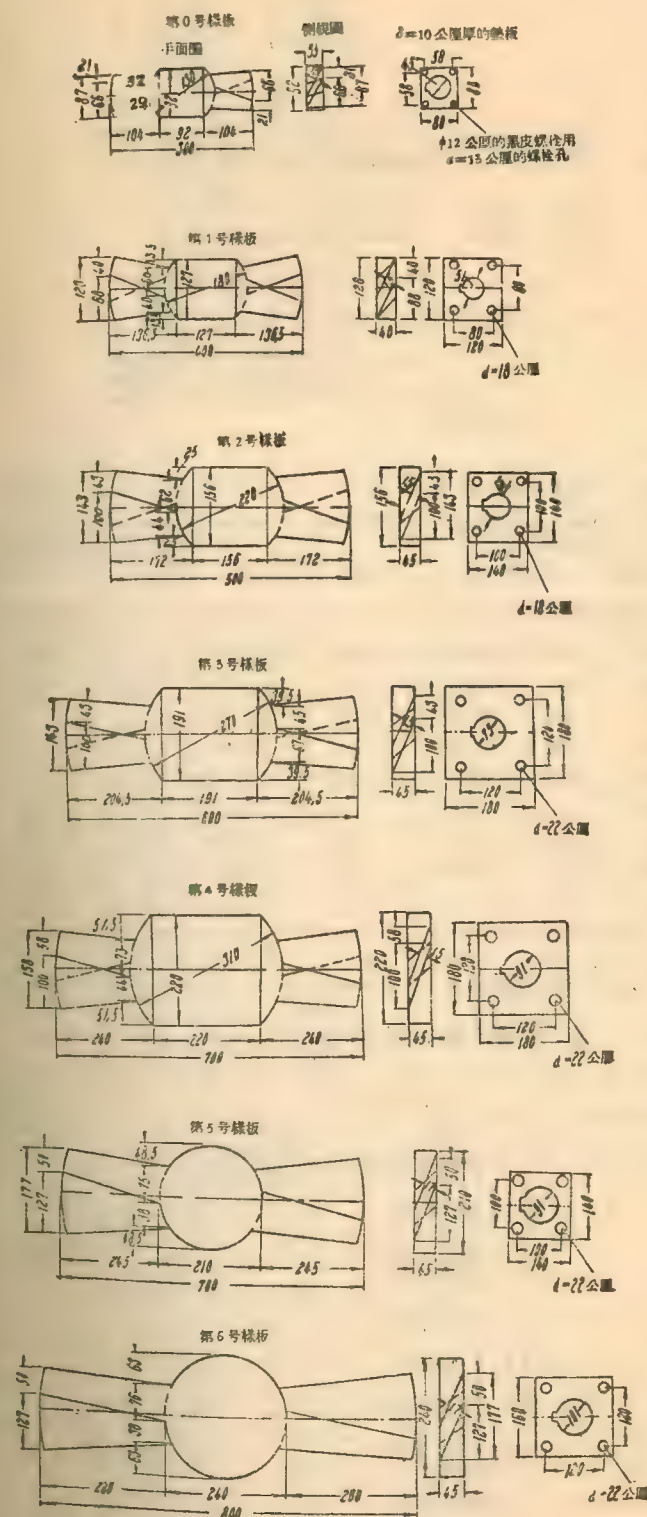
表 9

| 順 序 号 | 最大傳遞 能 量 (瓩) | 每分鐘轉速 | | 傳動比數 | 皮帶輪直徑 (公厘) | | 皮帶走速 (秒公尺) | 皮 帶 型 式 | 皮帶根數 | | 皮帶內皮帶輪 周長度中心間距 (公厘) | |
|-------------|--------------------|-------|-----|--------|---------------|-------|---------------|------------|------|------------|---------------------------|-------|
| | | 水輪機 | 發電機 | | 發電機 | 水輪機 | | | 按計算 | 按標準 皮帶輪 | | |
| 1 | 37 | 1,000 | 256 | 1:3.91 | 320 | 1,250 | 16.8 | Γ | 5 | 7 | 6,300 | 1,890 |
| 2 | 50.6 | 1,000 | 288 | 1:3.48 | 360 | 1,250 | 18.9 | Γ | 6 | 7 | 6,300 | 1,860 |
| 3 | 61.6 | 1,000 | 320 | 1:3.13 | 320 | 1,000 | 16.8 | Γ | 7 | 8 | 4,500 | 1,190 |
| 4 | 39.4 | 1,000 | 200 | 1:5.0 | 320 | 1,600 | 16.8 | Γ | 5 | 7 | 8,000 | 2,440 |
| 5 | 52.8 | 1,000 | 228 | 1:4.38 | 320 | 1,400 | 16.8 | Γ | 6 | 6 | 6,300 | 1,740 |
| 6 | 72.6 | 1,000 | 250 | 1:4.0 | 400 | 1,600 | 21.0 | Γ | 8 | 9 | 8,000 | 2,360 |
| 7 | 88.5 | 750 | 270 | 1:2.78 | 450 | 1,250 | 17.7 | Δ | 7 | 8 | 6,300 | 1,810 |
| 8 | 55.7 | 1,000 | 178 | 1:5.62 | 320 | 1,800 | 16.8 | Γ | 7 | 8 | 8,000 | 2,240 |
| 9 | 74.7 | 1,000 | 200 | 1:5.0 | 360 | 1,800 | 18.9 | Γ | 8 | 8 | 8,000 | 2,210 |
| 10 | 110 | 750 | 211 | 1:3.55 | 450 | 1,600 | 17.7 | Δ | 8 | 10 | 8,000 | 2,360 |
| 11 | 125 | 750 | 234 | 1:3.20 | 500 | 1,600 | 19.6 | Δ | 9 | 10 | 8,000 | 2,320 |
| 12 | 53 | 1,000 | 320 | 1:3.13 | 400 | 1,250 | 21.0 | Γ | 6 | 7 | 6,300 | 1,840 |
| 13 | 74.2 | 1,000 | 320 | 1:3.13 | 400 | 1,250 | 21.0 | Γ | 8 | 9 | 6,300 | 1,840 |
| 14 | 114 | 750 | 375 | 1:2.0 | 500 | 1,000 | 19.6 | Δ | 8 | 10 | 6,300 | 1,990 |
| 15 | 94.5 | 750 | 240 | 1:3.12 | 450 | 1,400 | 17.7 | Γ | 10 | 10 | 6,300 | 1,660 |
| 16 | 117.0 | 750 | 270 | 1:2.78 | 450 | 1,250 | 17.7 | Δ | 9 | 10 | 6,300 | 1,810 |
| 17 | 146.5 | 750 | 337 | 1:2.21 | 450 | 1,000 | 17.7 | Δ | 10 | 10 | 6,300 | 2,030 |
| 18 | 121.2 | 750 | 210 | 1:3.55 | 450 | 1,600 | 17.7 | Δ | 9 | 10 | 8,000 | 2,360 |

由上表顯然可見，用三角皮帶傳動的水輪機，总共用了 12 种标准皮帶輪，并且規定，在某种情况下，可留着一个或二个皮帶槽不用。

(唐仲南、鄭乃伯譯自“農村水电站的設備” 63~75 頁)

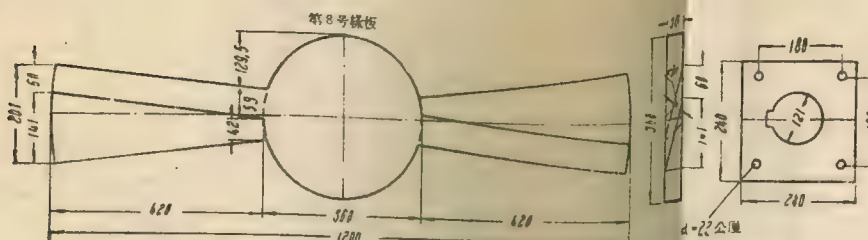
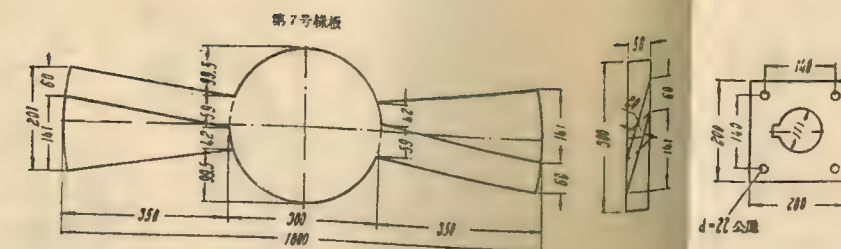
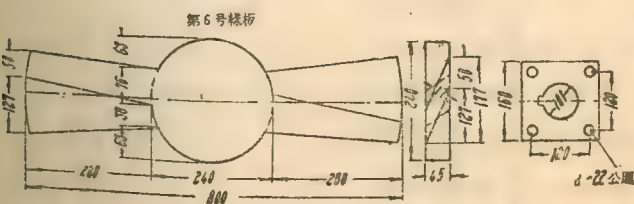
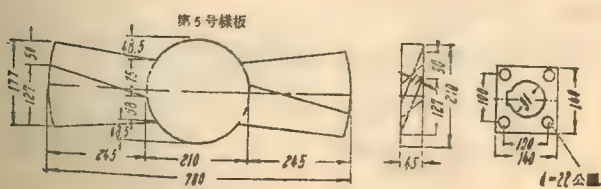
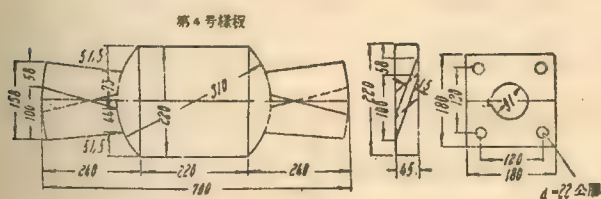
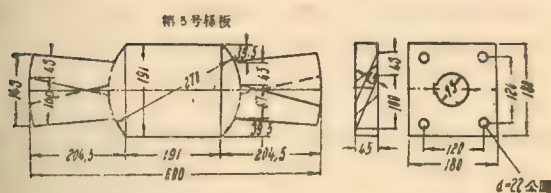
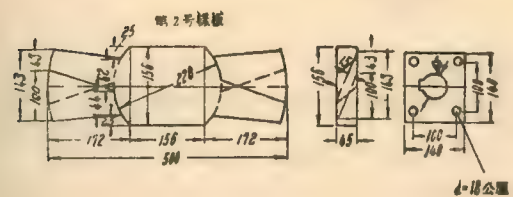
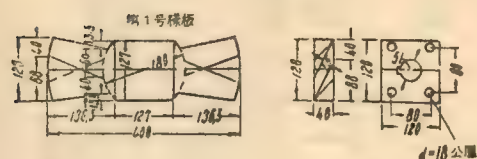
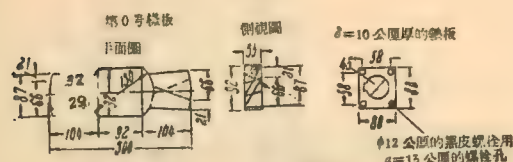
木制旋槳式水輪機動輪的标准样板



| 样 板 型 号 | 采用这种样板的水輪機 | | |
|------------|--------------|--------------|-----|
| | 直徑 D (公厘) | 比 速 n_s | m = |
| 0 4 叶 | 300 | 300 | 0. |
| 1 4 叶 | 400 | 400 | 0. |
| 2 4 叶 | 500 | 400 | 0. |
| 3 4 叶 | 600 | 400 | 0. |
| 4 4 叶 | 700 | 400 | 0. |
| 5 2 叶 | 700 | 600 | 0. |
| 6 2 叶 | 800 | 600 | 0. |
| 7 2 叶 | 1000 | 600 | 0. |
| 8 2 叶 | 1200 | 600 | 0. |

附注：1. 在蘇聯水利技術与工程
2. 旧表中所包括的水头
3 由于極限水头加大了

木制旋槳式水輪機動輪的标准样板

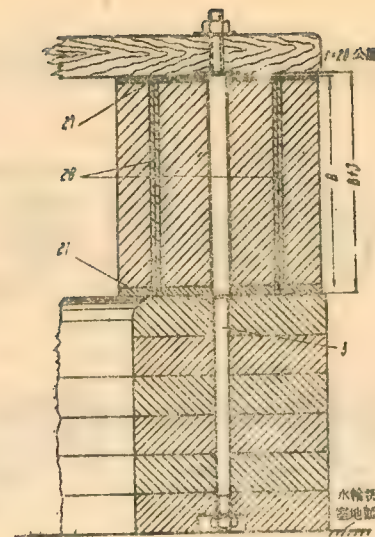
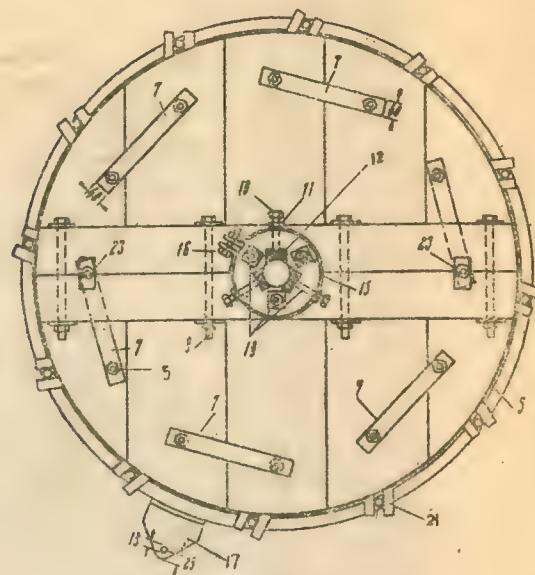
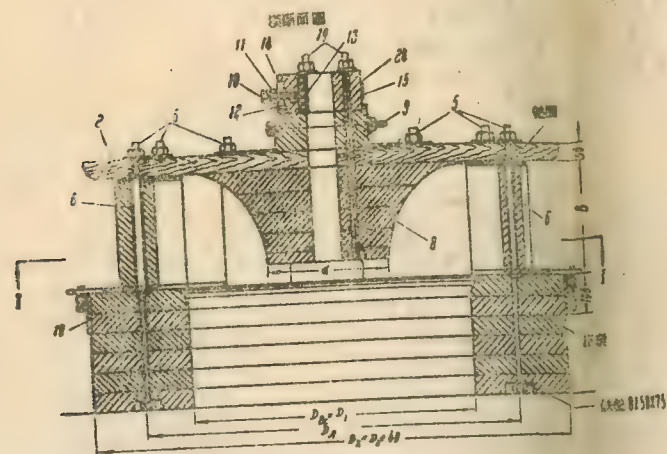


动輪标准样板选择表

| 样 板 型 号 | 采用这种样板的水轮机参数 | | | 水轮机 設計出力 | 水 头 H, 公 尺 | | | | | | | | | | | | | | | 十字拼 塊 (輪叶 拼數) | 板厚 (公厘) | 主軸 直徑 (公厘) | |
|------------|--------------|--------------|-------------------|--------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------|------------------|-----|
| | 直徑 D (公厘) | 比 速 n_s | $m = \frac{d}{D}$ | 設計流量 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 主軸轉數 | 1.5 | 1.75 | 2.0 | 2.25 | 2.5 | 2.75 | 3.0 | 3.25 | 3.5 | 3.75 | 4.0 | 4.5 | 5.0 | 5.5 | 6.0 | | | | |
| 0 4叶 | 300 | 300 | 0.447 | N,馬力 Q,公升/秒 n,轉/分鐘 | 1.69 113 382 | 2.13 123 412 | 2.60 130 441 | 3.10 138 468 | 3.65 146 495 | 4.21 153 519 | 4.80 160 541 | 5.40 166 564 | 6.05 172 585 | 6.71 179 601 | 7.36 184 624 | 8.8 195 660 | 10.3 206 697 | 11.8 216 732 | 13.6 225 765 | 3 | 35 | 45 | |
| 1 4叶 | 400 | 400 | 0.447 | N Q n | 3.66 244 348 | 4.62 264 376 | 5.64 282 402 | 6.75 299 426 | 7.90 315 450 | 9.06 330 471 | 10.4 345 492 | 11.7 359 512 | 13.0 372 532 | 14.5 386 551 | 15.9 398 567 | 19.1 423 602 | 22.4 445 636 | 25.9 466 665 | 29.4 488 695 | 3 | 40 | 50 | |
| 2 4叶 | 500 | 400 | 0.447 | N Q n | 5.70 381 278 | 7.20 415 301 | 8.80 438 320 | 10.5 467 342 | 12.4 494 360 | 14.2 516 377 | 16.2 539 394 | 18.2 560 410 | 20.4 582 425 | 22.6 602 440 | 24.9 622 455 | 29.8 660 484 | 35.1 696 509 | 40.2 730 534 | 45.8 762 557 | 3 | 45 | 65 | |
| 3 4叶 | 600 | 400 | 0.447 | N Q n | 8.25 548 232 | 10.4 592 250 | 12.7 633 268 | 15.1 671 284 | 17.7 709 300 | 20.4 743 314 | 23.3 776 328 | 26.2 807 342 | 29.4 839 354 | 32.5 867 367 | 35.8 896 379 | 42.7 950 402 | 50.0 1005 424 | 57.7 1050 444 | 66.0 1100 464 | 4 | 45 | 70 | |
| 4 4叶 | 700 | 400 | 0.447 | N Q n | 11.0 747 198 | 13.9 808 215 | 17.3 864 230 | 20.6 916 244 | 24.1 966 257 | 27.8 1011 269 | 31.7 1058 282 | 35.8 1100 293 | 39.9 1140 304 | 44.3 1181 315 | 48.0 1220 325 | 57.0 1295 345 | 67.2 1370 366 | 77.2 1430 382 | 88.2 1496 398 | 4 | 45 | 90 | |
| 5 2叶 | 700 | 600 | 0.300 | N Q n | 14.4 968 262 | 18.2 1047 280 | 22.4 1120 300 | 26.7 1190 320 | 31.2 1250 337 | 36.0 1315 354 | 41.0 1370 370 | 46.4 1430 382 | 51.7 1480 398 | 57.3 1533 414 | 63.3 1585 427 | 73.5 1685 452 | 88.3 1770 476 | 102 1860 500 | 116 1938 528 | 5 | 45 | 90 | |
| 6 2叶 | 800 | 600 | 0.300 | N Q n | 18.8 1265 228 | 23.8 1364 245 | 29.0 1460 262 | 34.8 1550 278 | 40.7 1640 293 | 47.0 1720 308 | 53.5 1790 322 | 60.4 1860 334 | 67.5 1930 346 | 74.0 2000 360 | 82.5 2060 370 | 98.6 2165 393 | 116.0 2310 415 | 133 2430 435 | 150 2530 455 | 5—6 | 45 | 100 | |
| 7 2叶 | 1060 | 600 | 0.300 | N Q n | 29.7 1980 181 | 37.5 2140 196 | 45.8 2285 209 | 54.7 2430 222 | 63.8 2560 234 | 73.8 2680 245 | 81.0 2790 259 | 85.4 2890 266 | 89.4 2990 277 | 93.3 3090 286 | 97.3 3190 296 | 129.5 3430 314 | — — — | — — — | — — — | — — — | 6 | 50 | 110 |
| 8 2叶 | 1200 | 600 | 0.300 | N Q n | 42.9 2860 152 | 54.0 3090 160 | 66.0 3300 175 | 78.7 3500 185 | 92.5 3690 196 | 107.1 3870 204 | 121.5 4050 215 | 137.6 4200 223 | 153 4380 233 | — — — | — — — | — — — | — — — | — — — | — — — | — — — | 7 | 50 | 120 |

附注: 1. 在蘇聯水利技術與土壤改良科學研究所(ВНИИГНМ)的标准設計中又增補了三種新設計(№7及8), 以前的标准样板型号(№1~6)仍維持原狀, 未加變動。
2. 旧表中所包括的水头範圍也加以擴大, 本表中所包括的水头, 自1.5至6.0公尺。
3. 由于極限水头加大了, 所以标准設計中各种型号的主軸直徑也加大了。

木制旋槳式水輪机的導水裝置



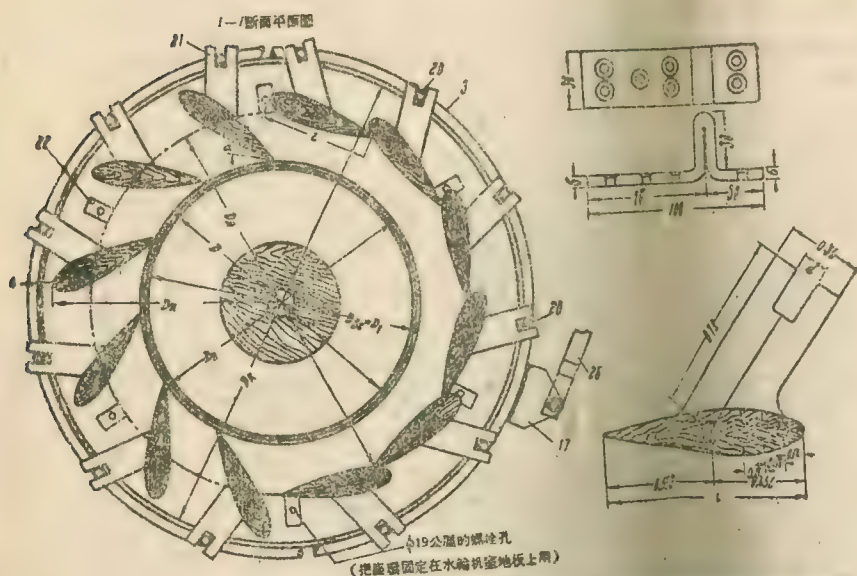
頂視圖

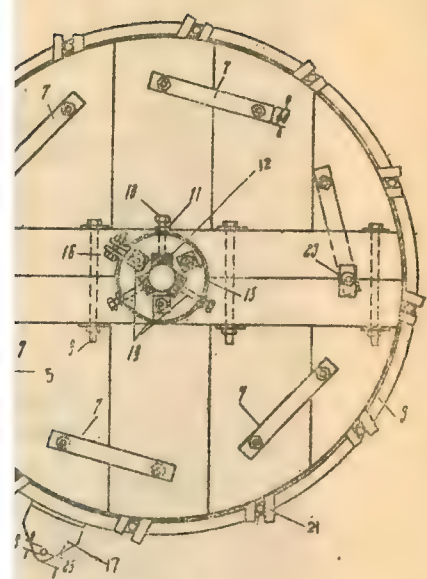
構造簡化的導水裝置外形尺寸

| 水輪機 型 號 | 比 速 n_s | 動輪直徑 D , 公厘 | 吸出管進 水口直徑 D_{b0} , 公厘 | 輪殼直徑 d , 公厘 | 導水裝 置內徑 D_b , 公厘 | 導水裝 置外徑 D_H , 公厘 | 導葉軸心 所在圓周 直徑 D_{Σ} , 公 厘 | 頂蓋及座 環直徑 D_K , 公厘 | 導水裝 置高度 B_1 , 公厘 | 導葉長 l , 公厘 | α | $\tan \alpha$ | $\sin \alpha$ | 導葉數 Z_0 | 控制環直徑 D_K , 公厘 |
|------------|--------------|------------------|-------------------------------|------------------|--------------------------|--------------------------|--|---------------------------|--------------------------|-----------------|----------------|---------------|---------------|--------------|---------------------|
| 0 | 300 | 300 | 305 | 120 | 340 | 580 | 455 | 620 | 120 | 163 | $28^\circ 30'$ | 0.540 | 0.477 | 10 | 630 |
| 1 | 400 | 400 | 405 | 180 | 440 | 780 | 610 | 820 | 160 | 214 | $38^\circ 30'$ | 0.795 | 0.823 | 10 | 830 |
| 2 | 400 | 500 | 505 | 220 | 540 | 920 | 743 | 960 | 200 | 250 | $38^\circ 30'$ | 0.795 | 0.623 | 12 | 970 |
| 3 | 400 | 600 | 610 | 270 | 640 | 1070 | 862 | 1110 | 240 | 275 | $38^\circ 30'$ | 0.795 | 0.623 | 12 | 1120 |
| 4 | 400 | 700 | 710 | 310 | 740 | 1200 | 966 | 1240 | 280 | 288 | $38^\circ 30'$ | 0.795 | 0.623 | 12 | 1250 |
| 5 | 600 | 700 | 710 | 210 | 740 | 1310 | 1040 | 1350 | 315 | 340 | $45^\circ 00'$ | 1.000 | 0.710 | 12 | 1360 |
| 6 | 600 | 800 | 810 | 240 | 840 | 1450 | 1160 | 1490 | 360 | 364 | $45^\circ 00'$ | 1.000 | 0.710 | 16 | 1500 |
| 7 | 600 | 1000 | 1010 | 300 | 1040 | 1700 | 1380 | 1740 | 450 | 400 | $45^\circ 00'$ | 1.000 | 0.710 | 18 | 1750 |
| 8 | 600 | 1200 | 1210 | 360 | 1240 | 2000 | 1680 | 2040 | 540 | 500 | $45^\circ 00'$ | 1.000 | 0.710 | 18 | 2050 |

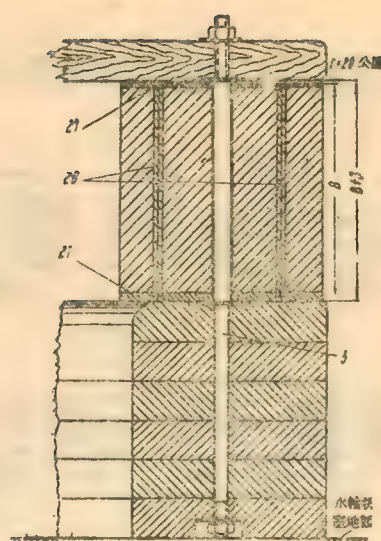
零 件 表

| № | 零件名稱 | 零件數量 | 材 料 | 備 注 | № | 零件名稱 | 零件數量 | 材 料 | 備 注 | № | 零件名稱 | 零件數量 | 材 料 | 備 注 |
|---|-----------------|------|-------------|--|----|-----------------|------|-------------|------------------|--------------------|----------------|------|--------------|--|
| 1 | 座 環 | 1 | 木 | 由兩層單塊的圓弧形板 鑄疊組成 | 10 | 導軸承調節螺 柱 | 3 | 鋼 | 5/8吋, $l=100$ 公厘 | 20 | 係結控制環的 銷軸 | 12 | | |
| 2 | 導水裝置頂蓋 | 1 | 木 | | 11 | 調節螺柱的鎖 母 | 3 | 鋼 | 5/8吋 | 21 | 導葉叉形連板 | 12 | 鋼(鍛鋼 或鑄鋼) | |
| 3 | 導水裝置控制 環 | 1 | 圓鋼 | 0,1,2號水輪機圓鋼直 徑19公厘; 3,4,5,6,7號 水輪機圓鋼直徑25公厘 | 12 | 導軸承的軸瓦 | 3 | 夾布膠木 | | 22 | 跌 墊 板 | 6 | 鋼 | |
| 4 | 導 葉 | 12 | 木(橡木) | | 13 | 調節螺柱頂板 | 3 | 鋼 | | 23 | 穿過支承梁的 導葉轉軸 | 2 | 鋼 | 0,1,2號水輪機直徑5/8 吋; 3,4,5,6,7號水輪機 直徑3/4吋 |
| 5 | 導葉轉軸 (鑄制) | 10 | 蘇聯 6 號鋼 | 0,1,2號水輪機直徑5/8 吋; 3,4,5,6,7號水輪機 直徑3/4吋 | 14 | 調節螺柱固定 螺母 | 3 | 鋼 | | 24 | 導軸承外殼 | 1 | 鋼 | |
| 6 | 導葉軸套 | 12 | 鋼管 | 由徑3/4吋和1/8吋水管 制成 | 15 | 夾 箍 | 1 | 帶鋼 | | 25 | 導葉拉條 | 12 | 鋼 | 直徑16吋~8吋 |
| 7 | 固定導葉軸的 鉄板条 | 6 | 40×8 帶 鋼 | | 16 | 夾箍拉緊螺柱 | 1 | 鋼 | | 26 | 調速裝置拉杆 | 1 | 鋼 | 鋼条 7×50 |
| 8 | 殼 心 | 1 | 木(橡木) | 由許多層木板沿高度釘 在一起組成 | 17 | 連接控制環與 拉杆的耳子 | 1 | 鍋爐鋼 | | 27 | 導葉頂部的金 屬墊板 | 12 | | 4公厘厚鋼板 |
| 9 | 連接兩半塊支 承梁的螺柱 | 4 | 鋼 | | 18 | 控制環的支座 | 6 | 鋼 条 (鍛造) | | 28 | 埋頭螺柱 | 24 | | 直徑8公厘 |
| | | | | | 19 | 固定殼心于頂 蓋的螺柱 | 3 | | | 注: 此例中導葉及其附件數量均為12 | | | | |





頂視圖



構造簡化的導水裝置外形尺寸

Table with 15 columns: 輪直徑, 吸水管直徑, 輪直徑, 導水裝置內徑, 導水裝置外徑, 導水裝置所在圓周直徑, 頂蓋及座環直徑, 導水裝置高度, 導水裝置, 導水裝置, α, tanα, sinα, 導水裝置, 控制環直徑. It lists various dimensions for different wheel diameters from 300 to 1200 mm.

零件表

Table with 10 columns: 零件名稱, 材料, 備註, 零件名稱, 材料, 備註, 零件名稱, 材料, 備註, 零件名稱. It lists various parts like bearings, guides, and structural components with their materials and notes.

注：此例中導水及其附件數量均為12

七、農村水电站的輸電綫——鋼導綫和“兩綫一地”制

水利部北京勘测設計院水电組

I 鋼導綫

農村的用电戶一般都比較分散，因此輸電綫比較長，它的投資占水电站總投資的比例很大（若以截面為16平方公厘的鋼綫為例，每公里輸電綫僅鋼綫本身的价格即達2,830元）。

蘇聯的農村电气化事業已累積了豐富的經驗，在蘇聯电站部編訂的电气設備安裝過程中規定（見燃料工業出版社1954年譯本第238頁）農村電網應採用以下的措施：

- (一) 电压在1,000伏以上的電網利用大地作為工作導綫，例如“兩綫——地”制電網；
(二) 电压在1,000伏以上帶有單相支綫的三相電網（混合配電制）；
(三) 利用鋼鉄作為導体材料；
(四) 使用單体電柱（独木電杆——編者注）及針式碍子（有时还用子35千伏送電綫路）。

鋼導綫有以下几个特点：

- (一) 价格低，每公斤1.24~1.39元（鋼綫每公斤6.3~8.0元）。
(二) 導電率低，对直流電的導電率約為鋼綫的1/7，对交流電的电阻抗随電流密度加大而急增。根据蘇聯國定規範（ГОСТ 1668—46与5800—51），單股鋼導綫的技術数据如下：

Table with 6 columns: 綫号, 綫徑, 每1000公尺導綫重, 每公里直流电阻, 每公里交流电阻, 備註. It provides technical data for different wire gauges from 3 to 6.

根据以上資料計算可得以下概念，即采用 380/220 伏四根 ЖФ4 (即 8 号鋼綫) 輸電，若允許电压降落不超过 10%，則只能把 5.4 瓩的电能送 100 公尺远。

(三) 鐵導綫的电阻与其化学成分 (含碳量) 及加工方法有很大关系。

一九五五年六月，水利部組織的各省水利部門的代表參觀了遼寧省桓仁縣雅河电站以后，我們根据領導指示，即在雅河口电站做了鐵導綫的試驗，目的是为了檢查目前桓仁縣存有的鐵導綫是否可作为高压電綫用。

試驗所用的鐵導綫是桓仁縣的 8 号旧電話綫 (ЖФ4)，由于導綫外緣無鉛層 (非鍍鉛鐵導綫)，堆在露天日久，表面已生銹，凹凸不平，粗細不均，化学成分与加工方法也不清楚。

試驗結果証明 (見圖 1 曲綫)：

(一) 直流电阻 R_q 各次測得值不等，最大的达每公里 14.11 欧，最小为 8.9 欧。但根据总的趋势看來 (除去最大和最小兩点)，数值是趋于平穩的，取各次的平均值，大約可得 $R_q = 12$ 欧，这个值比苏联 ЖФ4 的 R_q 值 (10.96) 約大 9%，其原因可能为試驗所用導綫的断面大小不均、表面生銹、化学成分及加工方法等影响所致。

(二) 交流电阻 R_w ，电阻抗 Z 的測值很不規則，特別当負荷电流在 7.5 安以下更为突出，其原因可能为輸電綫兩端讀数不是正在同时進行的，而水負荷的电阻值在負荷小时变化極为迅速，因此結果讀差很大，不过取其中电流为 11 安的一点与苏联的資料相比，仍很相似，比較結果如下：

| | 每公里交流有效电阻 R_w (欧) | 每公里總阻抗 Z (欧) | 附 注 |
|-------|------------------------|-------------------|-----------------------------|
| 苏联試用值 | 18.5 | 19.2 | 見“農村水电站”中譯本 269、270 頁 曲綫 |
| 此次試驗值 | 13.0 | 19.7 | |

(三) 根据上述比較，可以得到一个初步結論，即目前虽然我國尚沒有專門为農村制造的鋼導綫，已有的鋼導綫又缺乏技術資料，但仍然可以利用已有的鋼綫 (或電話綫) 作輸電導綫用，在設計中选择導綫时大致可按苏联的数据進行，其誤差范围估計不会太大。

当然这种情况是暫时的，將來还是要由制造部門爭取供应粗細均匀、性能固定、表面上鍍有鉛層 (鍍鉛) 的鋼導綫。

(四) 使用鋼導綫时，要特別注意綫头的連接以及分支綫与干綫的連接。最好能使用電話綫接綫用的或鋼心鉛綫接綫用的接綫头，以免在接头处生銹以致導綫的电阻增加，并在接头处發生高温或断綫等事故。

II 鋼導綫計算

(一) 鋼導綫查圖計算的步驟如下：

1. 用下式求出電網各段允許电压損失值：

歐/公里

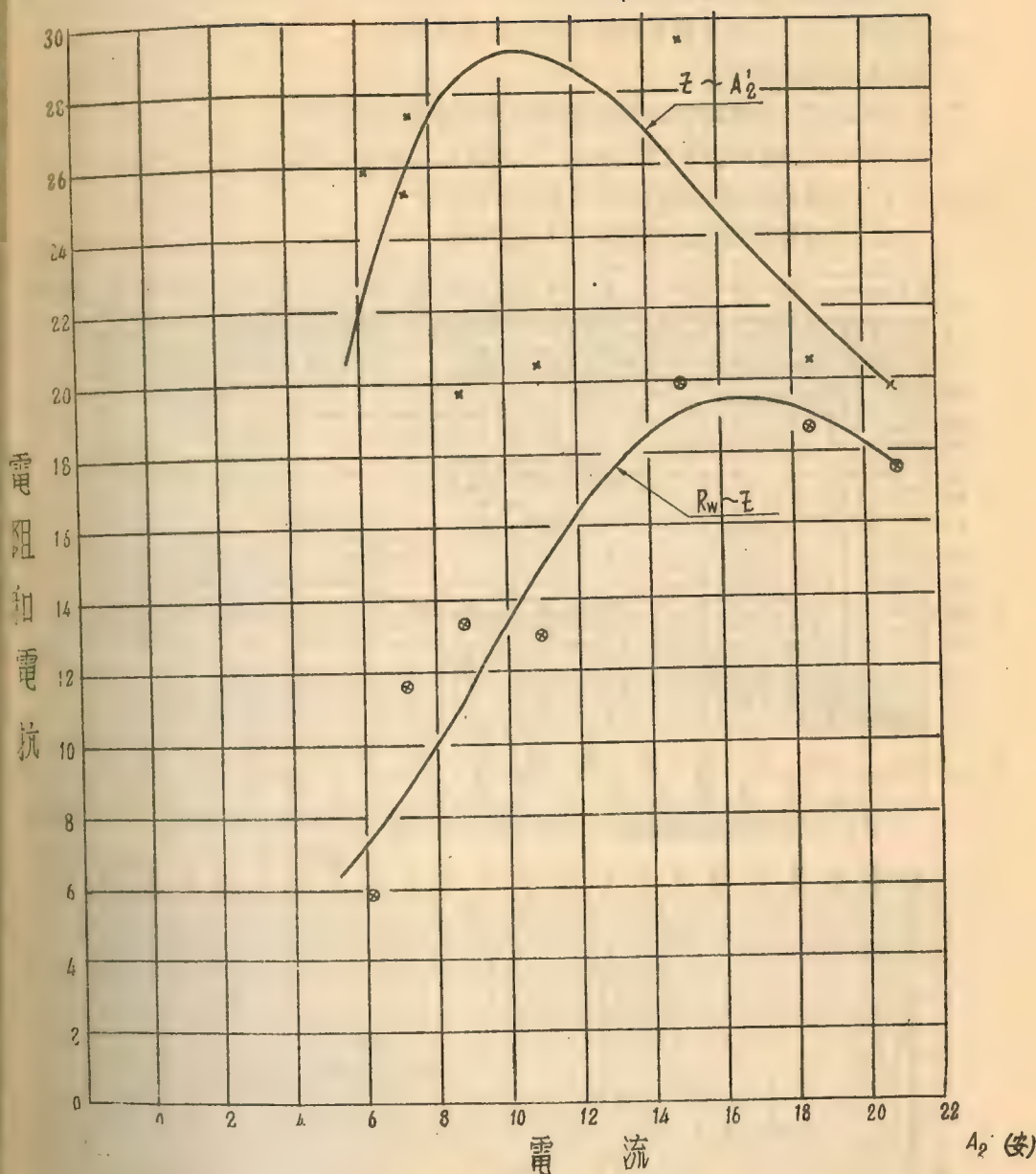


圖1 鐵導綫試驗成果圖

$$\left. \begin{aligned} \Delta U_1 &= \Delta U_{\text{доп}} \frac{M_1}{\sum M} \\ \Delta U_2 &= \Delta U_{\text{доп}} \frac{M_2}{\sum M} \\ \Delta U_n &= \Delta U_{\text{доп}} \frac{M_n}{\sum M} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

上式中 $M_1 = I_1 l_1$; $M_2 = I_2 l_2$; $M_n = I_n l_n$ 。

2. 知道某段輸送容量后, 按已知电压損失在下列諾模圖中查出導綫所需的截面。

(二) 銅導綫查表計算的步驟如下:

1. 以公式 (1) 求出電網各段的允許电压損失值;

2. 选出某段導綫截面;

3. 用下式計算三相綫路的綫間电压損失是否在允許值以內

$$\Delta U = \sqrt{3} I l [r_0 \cos \varphi + (x'_0 + x''_0) \sin \varphi] \text{ (伏)}$$

上式中 r_0 ——導綫电阻, 查附錄 3 (欧/公里);

x'_0 ——導綫互感抗, 查附錄 1 (欧/公里);

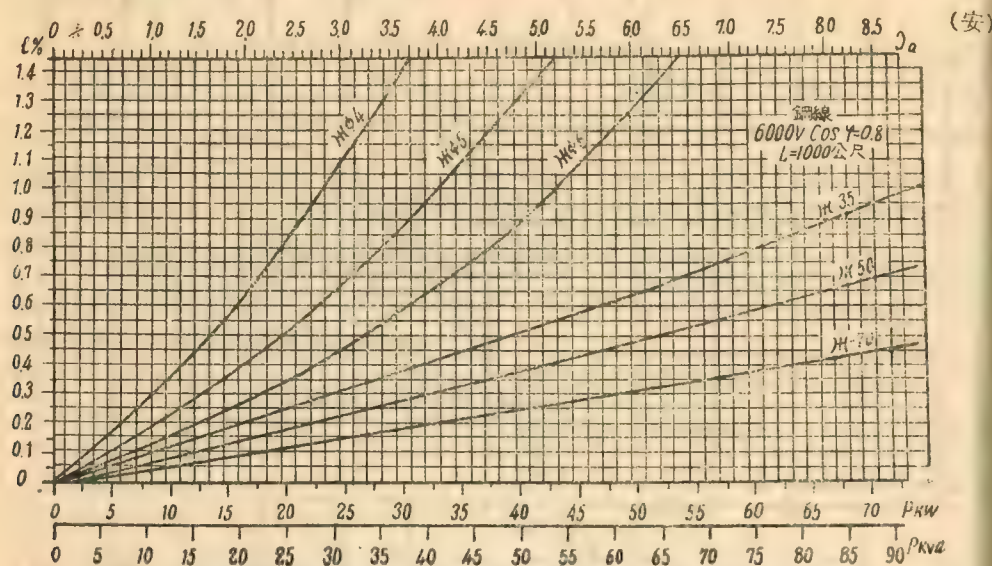


圖2 6000伏銅導綫諾模圖 $\cos \varphi = 0.8$, $l = 1000$ 公尺, 功率小于75瓩。

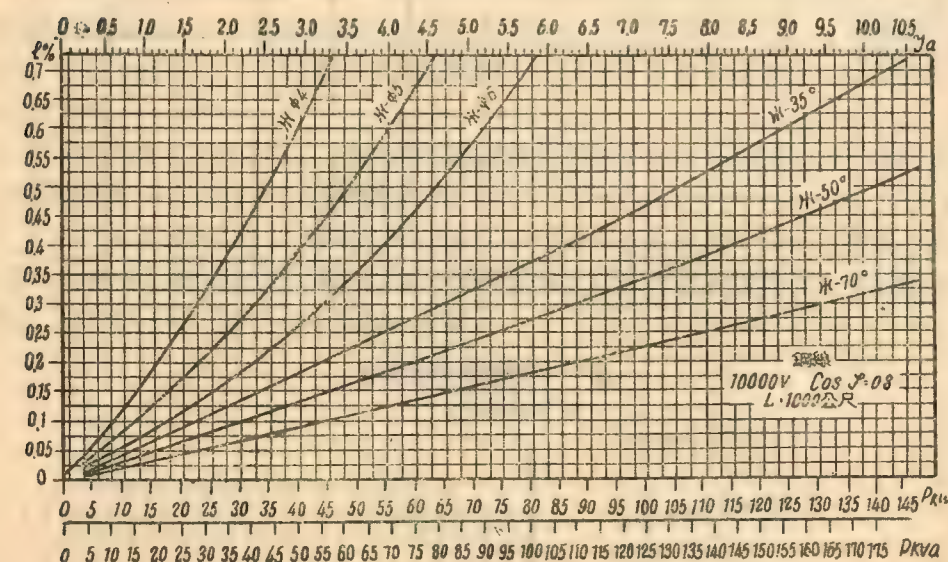


圖3 10千伏銅導綫諾模圖 $\cos \varphi = 0.8$, $l = 1000$ 公尺, 功率小于145瓩。

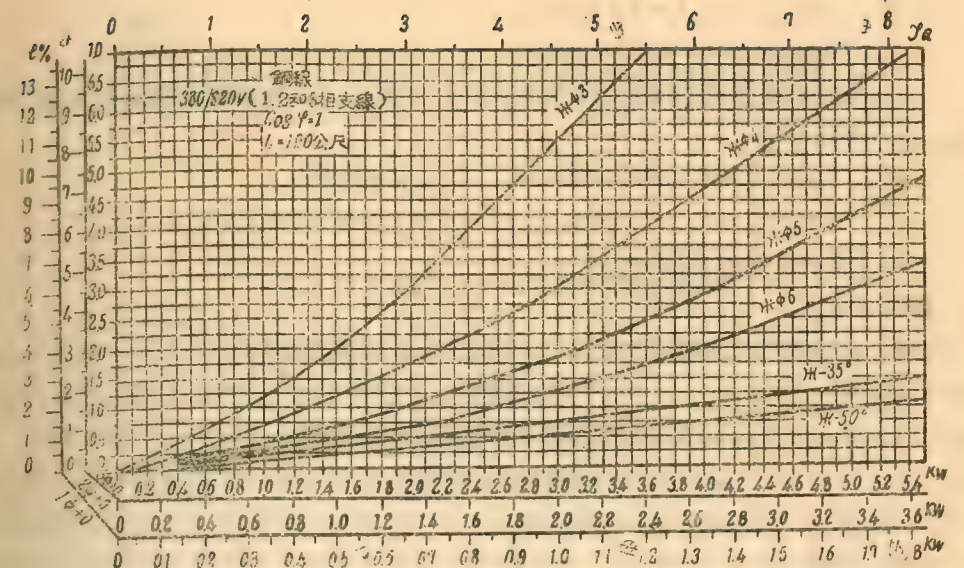


圖4 380/220伏(1, 2和3相支綫)的銅導綫諾模圖 $\cos \varphi = 1$, $l = 100$ 公尺。

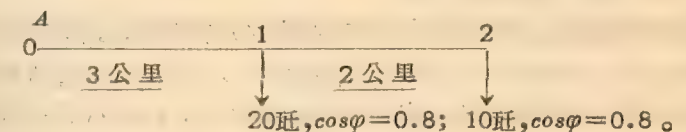
x''_0 ——導綫自感抗, 查附錄 4 (欧/公里);

l ——導綫長度 (公里)。

如果計算所得的值大于允許值, 則增大導綫截面, 反之則減小截面, 并重新計算。

(三) 另外仍可以利用苏联農村电气化总局所編制的諾模圖 (摘錄如圖 2、3、4) 進行計算, 該圖的使用方法可參考下列:

例: 有一三相平衡的高压送電綫, 導綫間的几何平均距离 $D_{cp} = 1,000$ 公厘, 導綫截面相同, 它的負荷与送電距离如下圖所示, 电压为 6.0 仟伏, 功率因数都为 0.8, $\Delta U_{\text{доп}} = 6\%$, 試求導綫截面。



(1) 求各段的电流及負荷力矩:

$$I_{1-2} = \frac{10}{\sqrt{3 \times 6 \times 0.8}} = 1.2 \text{ 安} \quad M_{1-2} = 1.2 \times 2 = 2.4$$

$$I_{A-1} = \frac{30}{\sqrt{3 \times 6 \times 0.8}} = 3.6 \text{ 安} \quad M_{A-1} = 3.6 \times 3 = 10.8$$

(2) 各段允許电压損失:

$$\Delta U_{A-1} = \Delta U_{\text{доп}} \frac{M_{A-1}}{M_{A-1} + M_{1-2}} = 6 \times \frac{10.8}{13.2} = 4.9\%$$

(3) 利用諾模圖計算电压損失:

A—1 段, 采用 ЖФ4, 查圖 2 得每公里电压損失为 $U_{0A-1} = 1.4\%$

$$\text{則 } \Delta U_{A-1} = 1.4 \times 3 = 4.2\%$$

$$\Delta U_{1-2} = 6 - 4.2 = 1.8\%$$

1—2 段, 也采用 ЖФ4 (高压綫不能小于 ЖФ4), 查圖 2 知每公里电压損失 $\Delta U_{0.1-2} = 0.36\%$

$$\text{則 } \Delta U_{1-2} = 0.36 \times 2 = 0.72\%, \text{ 总电压損失如下:}$$

$$\Delta U_{\text{总}} = \Delta U_{A-1} + \Delta U_{1-2} = 4.2 + 0.72 = 4.92\% < 6\%$$

(4) 查表計算电压損失:

綫段 A—1

$$I_{A-1} = 3.6^{\text{A}}, \text{ 查附錄 1, 3, 4 得 } x'_0 = 0.389 \text{ 欧/公里;}$$

$$r_0 = 13.94 \text{ 欧/公里; } x''_0 = 8.98 \text{ 欧/公里}$$

$$\begin{aligned} \Delta U_{A-1} &= \sqrt{3} I l [r_0 \cos \varphi + (x'_0 + x''_0) \sin \varphi] \\ &= \sqrt{3} \times 3.6 \times 3 [13.94 \times 0.8 + (0.389 + 8.98) \times 0.6] \\ &= 315 \text{ 伏 (即 } 5.25\% \text{)} \end{aligned}$$

綫段 1—2

$$r_0 = 12 \text{ 欧/公里; } x'_0 = 0.389 \text{ 欧/公里; } x''_0 = 2.05 \text{ 欧/公里。}$$

$$\begin{aligned} \Delta U_{1-2} &= \sqrt{3} \times 1.2 \times 2 [12 \times 0.8 + (0.389 + 2.05) \times 0.6] \\ &= 46 \text{ 伏 (即 } 0.77\% \text{)} \end{aligned}$$

$$\text{总电压損失为 } \Delta U_{\text{总}} = 5.25\% + 0.77\% = 6.02\% \approx 6\%$$

計算时要注意:

1. 查諾模圖計算的优点是方法簡單迅速, 但在綫路負荷的功率因数与諾模圖所示的功率因数不同而有誤差; 此外还需要有一套比較完整的諾模圖 (如“農村水电站”一書 288—295 頁)。

2. 查表計算較准确, 但花的时间要多, 所以用此法校核第一法計算的結果較宜。

3. 目前本國尚無鋼導綫出產, 暫以普通的鍍鋅鉄綫代替, 所以在計算电压損失和机械应力时要加以適當的修正。

4. 輸电綫路电压在導綫截面合乎机械应力要求时, 最好选用 10 仟伏, 因 10 仟伏的电气設備与 6 仟伏的电气設備, 价格差不多, 而前者的導綫材料消耗或电能損失要比后者小 3 倍 (但只能在保証供应变压比为 10/0.4/0.23 仟伏的变压器时, 才可选用 10 仟伏)。

5. 当二法計算的結果差別很大时, 一般以查諾模圖法所得数值作適當修正决定。

III “兩綫——地”制輸电綫

(一) 总 則

在農村高压电力綫路中, 为了减少導綫金屬的消耗, 可以用大地作为一根導綫。圖 5 为利用大地作为一根導綫的三相制的示意图, 这种所謂“兩綫——地”制 (ДПЗ) 在苏联農村电網中很流行。

由圖 5 可以看出, “兩綫——地”制內, 供电变压器的一相与大地联接 (接地),



圖 5 利用大地作为一根導綫的網絡示意图

所有供电变压器的同一相也都要接地, 这样, 二个相的电流經過架空導綫, 但第三相的电流經過大地 (通常在大地的極深处) 送走。

采用“兩綫——地”制輸电时, 導綫金屬的消耗量可减少 1/3, 由于架空導綫数目的减少, 可以加大电杆間的距离, 使得电杆的总数减少, 所以木材的耗量也可减少 10~20%, 絕緣子、弯鈎等的消耗要减少 1/3 还多, 即 40~45%。变电站設備 (隔离开关、熔断器等) 都由三極改为兩極, 因此也有某些節省。最后, 輸电綫路上的功率損失可减少 25~30%。

所述优点如此顯明, 以至現在建議除去下面要述說的特殊情况以外, 一切農村电網都應該采用“兩綫——地”制。

在苏联广泛地利用大地作为導綫是 П.С. 奧萊希金斯基、А.Г. 薩哈林、Л.Е. 艾宾、Ш.М. 阿魯克尔等苏联电气技術人員進行了巨大的科学研究和試驗工作的結果。

中性点不接地的电網中, 在正常情况下, 每一導綫与大地間的电压等于相电压, 当其中一根導綫發生接地短路时, 其余二根導綫的对地电压升高到相电压的 $\sqrt{3}$ 倍, 也就是达前綫电压值, 既然按現行規程, 在發生單相接地短路时, 电厂可以繼續工作达兩小时, 因此电厂的絕緣应以綫电压設計。

对“兩綫——地”制, 單相接地是正常的情况, 且架空二導綫对地的电压始終等于綫电压。

由以上所述, 顯然綫路及变电站設備等的絕緣不会發生破損, 因为絕緣是以綫电压設計的。

旋轉电机、發电机和高压电动机的絕緣是例外情况, 因为旋轉电机的絕緣不能經常承受綫电压。因此, 如果高压發电机直接与架空綫連接 (中間無变压器), 則不能用“兩綫——地”制, 如果有大型高压电动机在網絡上工作时, 同样也不能采用“兩綫——地”制。但必須說明, 上述二种情况在農村中很少見。

用大地作導綫的系統中可以有二种或二种以上的电压。例如同时可有 35 仟伏和 10 仟伏二种电压存在。

在混合配电制內, 單相支路上也能利用大地作为一根導綫, 在这种情况下, 支路只架設一根導綫。

(二) 电压損失計算

“兩綫——地”制的三相綫路中架空導綫上的电压損失, 可根据普通公式計算如下:

$$\Delta U = \sqrt{3} I l (r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi)$$

式中 r_0 和 x_0 为导线的电阻与电抗，单位为欧/公里。

接地相的电压损失换算成线电压，可按类似公式计算：

$$\Delta U = \sqrt{3} I l (r_{03\text{EM}} \cos \varphi + x_{03\text{EM}} \sin \varphi) \dots\dots\dots (1)$$

上式中：

$$r_{03\text{EM}} = \frac{1}{3} (r_0 + 2r_e)$$

r_e 为大地有效电阻；可采用 $r_e = 0.05$ 欧/公里；

$$x_{03\text{EM}} = \frac{1}{3} (x_0 + 2x_e)$$

x_e 为大地电抗，对于普通土壤 $x_e = 0.36 \sim 0.50$ 欧/公里，可取其平均值为

$$x_e = 0.43 \text{ 欧/公里}$$

换算为线电压的接地体上的电压损失，其值不大，可忽略不计。遇必须计算时，则可按下式计算：

$$\Delta U_{3\text{R3}} = \sqrt{3} I \frac{2}{3} R_{3\text{R3}} = 1.16 I R_{3\text{R3}} \dots\dots\dots (2)$$

式中 $R_{3\text{R3}}$ 为接地电阻（欧）；

I 为流过接地体的负荷电流（安）。

在极大多数的情况中，接地相的电压损失较架空两相的电压损失为小，因此线路终端的电压彼此之间，将有一些不平衡，但当线路允许电压损失在 10% 以下时，电压不平衡程度不超过 1~2%，因而是完全允许的。

所以“两线——地”制线路的电压损失计算与不用“两线——地”制的普通线路相同，并且不需要计算接地相上的电压损失。

例题：有一“两线——地”制线路，线路长 $l = 13$ 公里，电压 $U = 10$ 千伏，输送功率 $S = 260$ 千伏安， $\cos \varphi = 0.8$ ，采用铝导线，铝线牌号为 4—25，试求电压损失。

查附录 1，线间距离 $D_{\text{CP}} = 1,000$ 公厘， $x_0 = 0.377$ 欧/公里，按附录 2， $r_0 = 1.27$ 欧/公里。

架空导线的电压损失

$$U_{\text{R03A}} = \frac{S}{U} (r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi) l$$

$$= \frac{260}{10} (1.27 \cdot 0.8 + 0.377 \cdot 0.6) 13 = 435 \text{ 伏}$$

$$\Delta U_{\text{R03A}} \% = 4.35 \%$$

当 $r_e = 0.05$ 欧/公里时，每公里大地导线的有效电阻为：

$$r_{03\text{EM}} = \frac{1}{3} (r_0 + 2r_e) = \frac{1}{3} (1.27 + 2 \cdot 0.05) = 0.456 \text{ 欧/公里}$$

当 $x_e = 0.43$ 欧/公里时，每公里大地导线的电抗为：

$$x_{03\text{EM}} = \frac{1}{3} (x_0 + 2x_e) = \frac{1}{3} (0.377 + 2 \cdot 0.43) = 0.414 \text{ 欧/公里}$$

接地相的电压损失，按公式 (1) 为：

$$\Delta U_{3\text{EM}} = \frac{S}{U} (r_{03\text{EM}} \cos \varphi + x_{03\text{EM}} \sin \varphi) l$$

$$= \frac{260}{10} (0.456 \cdot 0.8 + 0.414 \cdot 0.6) 13 = 207 \text{ 伏，或 } 2.07 \%$$

当接地电阻 $R_{3\text{R3}} = 4$ 欧时，供电变电站接地体上电压损失按公式 (2) 为：

$$\Delta U_{3\text{R3}} = 1.16 I R_{3\text{R3}} = 1.16 \frac{S}{\sqrt{3} U} R_{3\text{R3}}$$

$$= 1.16 \frac{260}{\sqrt{3} \cdot 10} 4 = 69.6 \text{ 伏} \text{——} 0.7 \%$$

大地导线和接地体上的总电压损失是 $2.07 + 0.7 = 2.77 \%$ ，这个电压损失比架空线上的电压损失 (4.35%) 小的很多，所以接地相电压损失几乎可以不进行计算。

(三) 接 地

为了变压器接地相的电气联接，“两线——地”制线路中每个升压站和降压站都要考虑接地装置。这个接地同时可用作 380/220 伏的低压网络中心点接地与电气设备金属外壳的保护接地，这种电气设备金属外壳上正常时没有电压，但可能因绝缘损坏而出现电压。因此，工作接地体与保护接地体可不分别安装。

接地电阻应该使接地体对地电压无论在正常情况下或者在发生接地短路情况下都不超过规定值。

正常情况下，规定接地体对地电压不应大于 50 伏，因此接地电阻不应大于

$$R_{3\text{R3}} = \frac{50}{I_{\text{MAK}}} \dots\dots\dots (3)$$

以故障情况的观点来看，可把所有的电网分成接地短路电流大的电网与接地短路电流小的电网。

通常把二相接地短路电流超过 500 安的电网称做大接地电流电网，而把二相短路接地电流等于或小于 500 安的电网称做小接地电流电网。短路电流的计算方法在“发电厂与变电站”教程中有所讲述。

许多情况下，可显然看出短路接地电流小于 500 安，如此则可不作短路电流的计算。

供电给“两线——地”制农村电网的变电站，它的接地短路电流不超过 500 安的变电站容量列在表 1 中。

接地短路电流小于 500 安的变电站容量 表 1

| 变 电 站 的 电 源 | 变 电 站 容 量 (仟 伏 安) 当 电 压 (仟 伏) 为 | | |
|-------------|-------------------------------------|-------|--------|
| | 6 | 10 | 35 |
| 农 村 变 电 站 | 1,800 | 3,200 | 10,000 |
| 大 电 力 系 统 | 320 | 320 | 1,800 |

在小接地电流的电网中，变电站容量为 100 千伏安或 100 千伏安以下的，它的接地

电阻不应超过 10 欧，若容量超过 100 千伏安，接地电阻不超过 4 欧。

在大接地电流的电网中，接地电阻不应大于 0.5 欧，它的值与变电站容量无关。

小接地电流电网的接地电阻值列于表 2 中，这个电阻可满足正常情况以及故障情况的要求。

小接地短路电流电网所需要的接地电阻

表 2

| 变电站编号 | 变电站容量 (千伏安) | 接地电阻 (欧), 当电压 (千伏) 为 | | |
|-------|-------------|----------------------|------|------|
| | | 6 | 10 | 35 |
| 1 | 60 | 10.0 | 10.0 | 10.0 |
| 2 | 100 | 6.0 | 10.0 | 10.0 |
| 3 | 240 | 2.0 | 3.5 | 4.0 |
| 4 | 320 | 1.6 | 2.5 | 4.0 |
| 5 | 560 | 1.0 | 1.5 | 4.0 |
| 6 | 1,000 | 0.5 | 1.0 | 3.0 |
| 7 | 2,400 | — | 0.5 | 1.5 |
| 8 | 3,200 | — | — | 1.0 |
| 9 | 5,600 | — | — | 0.5 |

因为不用“两线——地”制的电网，变电站容量在 100 千伏安或 100 千伏安以下时，它的接地电阻也要小于 10 欧，容量为 100 千伏安以上的变电站，它的接地电阻也要小于 4 欧，所以采用“两线——地”制时，接地体金属的消耗量增加得很少。既然农村变电站的平均容量都在 30~50 千伏安之间，所以都属于小接地电流电网。

在大接地短路电流的电网中，采用“两线——地”制时，接地电阻值应小于 0.5 欧，这时接地体上大量的金属消耗往往超过了减去一根架空线所省的钱，在此时，使用“两线——地”制在经济上就不合算了。不过若仅是在靠近供电变电站的地方的短路电流大于 500 安，而在离变电站较远的地点小于 500 安，那末对离供电变电站较远处各变电站的接地电阻的要求可以适当地放宽。

具有一种或数种电压的“两线——地”制内，在一切情况下应将所有变压器的 C 相接地，此时，二种电压共用一接地体（图 6 和 7）。由于高压接地电流的方向与低压接地电流的方向相反，因此接地体内的总电流减少，公式（3）中最大电流的缩减

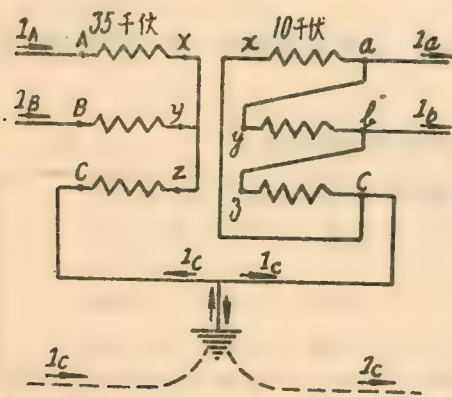


图 6

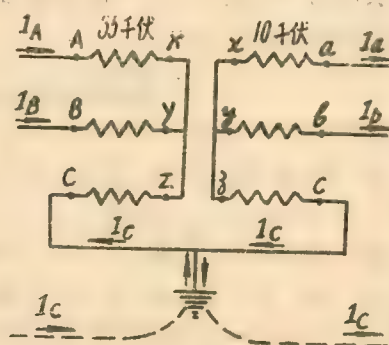


图 7

系数，对于变压比为 35/10 千伏，Y—Y 联结的变压器为 0.72。如为 Y—Δ 联结则为 0.77。变压比为 10/6 千伏的变压器，对上述两种电气联结相应的缩减系数各为 0.41 和 0.59。

“两线——地”制的电网只能经过变压器才可与三相电网联结。

(四) 接地的计算

“两线——地”制输电线路的接地装置计算可根据各个地区的导电材料供应情况决定，在有现存扁铁、铸铁块、铁管的地方可以就利用这些材料，如有在废炮弹壳的地方也可以利用废弹壳，换句话说，一切导体都可利用，只要安装以后能够达到接地装置的技术要求就行。

根据苏联电气设备安装规程，“两线——地”制输电线路的接地装置的技术要求为：如果利用大地作为相线、回路或中性线使用，并作为线路的正常运行方式而不是偶然利用，则接地的对地电压在正常情况下不得超过 50 伏。

接地装置的布置是根据各地区所选用接地体的形式并考虑当地的土壤电阻率而定的，比较普遍的布置形式有如下表所列的几种：

接地装置布置示意图和算式表

| 设计图样 | 接地类型 | 接地电阻 (欧) | 备注 |
|------|------------------------------------|---|---|
| | 管型，管顶齐地面，l—管长，d—直径 (长度单位为公尺) | $R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d}$ | $l \geq d$ |
| | h—管型，h—管顶埋入地深度，l—管长，d—直径 | $R = \frac{l}{2\pi l} (\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4h+l}{4h-l})$ | $l \geq d$ $\frac{4h}{l} > 2$ |
| | 长型接地 (条状或管状)，h—埋入地深度，l—管长，b—宽，d—直径 | $R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{2l^2}{bh}$ | $l \geq \frac{b}{2}$ $\frac{l}{2h} \geq 2.5$ |
| | 环型接地 (条状或管状)，h—埋入地深度，l—长度，d—直径 | $R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{2.6l^2}{bh}$ | $\frac{l}{h} \geq \frac{b}{2}$ $h \geq \frac{l}{2\pi}$ |
| | 放于地表面的圆盘型接地 (d—直径) | $R = \frac{\rho}{2\pi d}$ | — |

接地电阻 R 等于 50 伏电压与额定电流之比:

$$R_{333} = \frac{V}{I} \text{ (欧)}$$

土壤电阻率 ρ 表

| 土壤种类 | 土壤电阻率 ρ (欧—公分) | |
|------|---------------------|--|
| | 湿度占土重量的 10~20% | 变动范围 |
| 沙土 | 7×10^4 | $4 \times 10^4 \sim 7 \times 10^4$ |
| 夹沙土 | 3×10^4 | $1.5 \times 10^4 \sim 4 \times 10^4$ |
| 沙质粘土 | 1×10^4 | $0.4 \times 10^4 \sim 1.5 \times 10^4$ |
| 黑壤土 | 2×10^4 | $0.096 \times 10^4 \sim 5.3 \times 10^4$ |
| 粘土 | 0.4×10^4 | $0.08 \times 10^4 \sim 0.7 \times 10^4$ |
| 河水 | — | 10×10^4 |
| 海水 | — | $0.02 \times 10^4 \sim 0.01 \times 10^4$ |

设额定电流等于 10 安, 则接地电阻等于 5 欧。由此可见, 接地计算主要是计算接地电阻。接地电阻主要由接地体和接地线的散流电阻组成, 用上述公式计算所得的数值仅为接地体的电阻, 应再计入与之并联的接地线的散流电阻即为接地装置电阻。

为决定一年内接地电阻率的最大值, 应将实测电阻率乘以该时期的季节系数, 其季节系数列于下表。

接地电阻率的季节系数 η_s 表

| 月份 | 接地体装置的深度 (公尺) | 管型, 水管 $h=0.8 \sim 3.5$ 公尺 |
|----|---|----------------------------|
| | $\eta_s \approx 1$, 条状, 电缆, $h < 0.8$ 公尺 | |
| 1 | 1.05 | 1.2 |
| 2 | 1.05 | 1.1 |
| 3 | 1.00 | 1.0 |
| 4 | 1.6 | 1.2 |
| 5 | 1.95 | 1.3 |
| 6 | 2.0 | 1.55 |
| 7 | 2.2 | 1.75 |
| 8 | 1.55 | 1.55 |
| 9 | 1.6 | 1.70 |
| 10 | 1.55 | 1.5 |
| 11 | — | 1.35 |
| 12 | 1.65 | 1.35 |

假定无法测得接地电阻率, 设计时可采用一般平均值 ($\rho_{cp} = 1 \times 10^4$ 欧—公分) 做设计依据。

在做接地装置计算时, 应注意的有关问题:

1. 为了减少屏蔽系数或利用系数, 应使管型接地体间的相互距离不小于 2.5~3 公尺; 应使条状或线状接地体间的相互距离不小于 1.5 公尺。

2. “两线——地”制输电线路接地计算和其他接地计算基本相同, 仅接地体的对地电压不同。

3. 在有自然接地体 (深井钢管等) 的地方应利用自然接地体以节省接地体。

(五) “两线——地”制输电线路对电信和信号线路的影响计算

1. 名词解释

危险影响——电力线路在电信和信号线路中感应的电压和电流达到有损电信和信号管理人员及使用人员的健康或生命危险以至损坏设备和误动作者称为危险影响。

干扰影响——电力线路在电信和信号线路中感应的电压和电流达到有损通话质量或不正确的音响者称为干扰影响。

接近——电力线路和电信、信号线路的相互位置接近到能使接近后的电信或信号线路中产生危险影响或干扰影响者称为接近。

危险影响和干扰影响的允许值

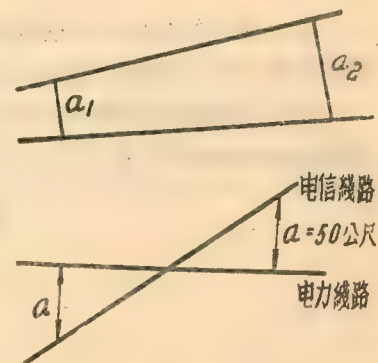
| 影响的性质 | 电力线路工作方式 | 电信和信号线路 | 允许值 | 备注 |
|-------|----------|-----------|---------|------------------------------------|
| 危险影响 | 接地短路 | 一切电信和信号线路 | 750 伏 | |
| | " | 半自动铁路闭塞装置 | 60 伏 | |
| | " | 一切电信和信号线路 | 20 千分焦耳 | |
| 干扰影响 | 正常状态 | 单线电话 | 30 仟分伏 | |
| | " | 双线电话 | 10 仟分伏 | 此值指三级电话线, 二级为 2.4(1.55), 括号内值指铜电话线 |
| | " | 单线快速电报 | 1 仟分安 | |
| | " | 单线普通电报 | 3 仟分安 | |

2. 接近距离和交叉距离

接近距离在电力线路和电信线路间的距离的变化不大于 5% 时称为平行接近, 这种接近距离即取其平均距离。如果单线电话线路和“两线——地”制输电线路的距离大于 3~4 公里时, 则不会产生干扰影响 (当然不会有危险影响)。如果电信线路和长度约 10 公里和额定电流小于 100 安的“两线——地”制输电线路平行接近距离大于 500 公尺, 便不会产生危险影响。如果双线电话线路和长度 10 公里而额定电流小于 100 安的“两线——地”制输电线路的平均接近距离大于 800 公尺, 则所产生的干扰影响是在允许范围以内的。

在电力线路和电信线路间距变化很大、接近线段的两端的接近间距相差较大者称斜接近。其等值接近距离为几何平均接近距离。如右上图所示, 接近距离值 $a = \sqrt{a_1 \cdot a_2}$ 。

在电力线路和电信线路交叉时, 计算危险和干扰影响用的交叉线段的长度规定为电信线路两端与电力线路的间距为 50 公尺处的两点间的线段, 如下图所示。



3. 危险影响计算

电磁危险影响计算: 由于电力线路接近电信线路, 在电信线路上产生了感应的纵电动势, 它的电动势的大小可依照下列公式计算确定

$$E = \sum_{i=1}^n 2\pi f M l_p I_k t \text{ (伏)}$$

式中 f ——周波；

M ——50周波时的互感系数，可以根据公式计算确定；

l_p ——接近线段的长度（公里）；

I_k ——一相接地短路电流（安），“两线——地”制输电线路可以假定为一相接地短路考虑；

t ——接近线段架空地线对电磁影响的屏障系数，无架空地线时 $t=1$ 。

$$M = (2 \ln \frac{2}{1.78 |K| \sqrt{a^2 + (b-c)^2}} + 1) \times 10^{-4} \text{ 亨/公里}$$

如 $(|K| \sqrt{a^2 + (b-c)^2} < 0.5)$ ，则式中 $|K| = \sqrt{4\pi\omega\sigma}$ ； a ——接近距离（公分）； b ——电力线路导线与地面之间的平均高度（公分）； c ——电信线路导线与地面之间的平均高度（公分）； σ ——大地导电率（绝对电磁单位）。

大地导电率

| 地 層 | 地 質 和 氣 候 条 件 | | | |
|------------|-----------------------|--|---|--|
| | 年降雨量大于500公厘 | 年降雨量小于500公厘 | 地 下 成 水 | |
| | 絕對單位 大概值 | 變 化 范 圍 | 變 化 范 圍 | 變 化 范 圍 |
| 冲積土和軟粘土 | 200×10^{-14} | $100 \times 10^{-14} \sim 500 \times 10^{-14}$ | $1 \times 10^{-14} \sim 200 \times 10^{-14}$ | $100 \times 10^{-14} \sim 200 \times 10^{-14}$ |
| 粘 土 | 100×10^{-14} | $200 \times 10^{-14} \sim 50 \times 10^{-14}$ | $100 \times 10^{-14} \sim 10 \times 10^{-14}$ | $300 \times 10^{-14} \sim 100 \times 10^{-14}$ |
| 泥質石灰岩 | 50×10^{-14} | $100 \times 10^{-14} \sim 30 \times 10^{-14}$ | $20 \times 10^{-14} \sim 3 \times 10^{-14}$ | — |
| 有孔隙的石灰岩 | 20×10^{-14} | $30 \times 10^{-14} \sim 10 \times 10^{-14}$ | $20 \times 10^{-14} \sim 3 \times 10^{-14}$ | $100 \times 10^{-14} \sim 20 \times 10^{-14}$ |
| 有孔砂岩和泥質頁岩 | 10×10^{-14} | $30 \times 10^{-14} \sim 3 \times 10^{-14}$ | $20 \times 10^{-14} \sim 3 \times 10^{-14}$ | — |
| 石 英 岩 | 7×10^{-14} | $10 \times 10^{-14} \sim 1 \times 10^{-14}$ | 1×10^{-14} | — |
| 結 晶 石 灰 岩 | | | | |
| 泥質砂岩，頁岩 | 1×10^{-14} | $3 \times 10^{-14} \sim 0.3 \times 10^{-14}$ | — | $30 \times 10^{-14} \sim 10 \times 10^{-14}$ |
| 花崗岩，頁岩，火成岩 | 1×10^{-14} | $1 \times 10^{-14} \sim 0.1 \times 10^{-14}$ | — | — |

注：如已知年降雨量超过500公厘而地区地層相似于第一欄的情况，可采用第二欄內的导电率值。

將上述已知数值代入前式即可求出縱电能势。把計算值与危險影响允許值比較，若小于或等于允許值即达到技術要求，可不再做其他措施的设计。

静电危險影响計算：在电信线路沒有音响限制器且与电力线路接近时就可能發生音响冲击危險的电能。为了防止这种事情的發生，可用下列公式進行校核計算。

$$A = 4 \times 10^{-5} k_1^2 u_1^2 \frac{\left(\sum_{i=1}^n \frac{l_p}{n+2} \times \frac{bc}{a^2 + b^2 + c^2} \times pq \right)^2}{\sum_{i=1}^n \frac{l}{n+2}} \text{ (千分焦耳)}$$

式中

| | 3 Φ | 1 Φ | ДПЗ | ОНЗ |
|-------|------|-----|------|------|
| k_1 | 0.25 | 0.2 | 0.32 | 0.24 |

$p=0.75$ ，在电力线路無架空地线时 $p=1$ ；

$q=0.7$ ，在电信线路附近沒有大片樹林时 $q=1$ ；

u_1 ——电力线路线电压（伏）；

l ——接近线段內电信线路的长度（公里）；

l_p ——接近线段的电力线路的长度（公里）；

a, b, c ——与电磁危險影响計算同；

n ——电信线路导线数。

4. “两线——地”制输电线路对电信线路的干扰影响計算

为防止电力线路在电信线路上的静电感应、电动势，干擾电信和信号线路时，可依下列公式計算确定电动势

$$u = k_1 u_0 \frac{\sum_{i=1}^n \frac{l_p}{n+2} \times \frac{bc}{a^2 + b^2 + c^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{l}{n+2}} pq \text{ (伏)}$$

式中 $k_1=0.32$ ，“一——地”制输电线路 $k_1=0.24$ ，其他符号的意义見静电危險影响公式。

当电力线路对單线电话线路引起电磁感应并出現干擾影响的电动势时，其电动势的大小可用下列公式計算

$$u_{MO} = 10^7 \frac{Z_a}{Z_e l + 2Z_a} \times F_l l \sum_{i=1}^n M_e I \text{ (千分伏)}$$

式中 Z_a ——电话机在800周波时的阻抗（欧）；

Z_e ——單线电信线在800周波时的阻抗（欧/公里），可用下式計算

$$Z_e = R + j\omega(2 \ln \frac{2}{1.78 |K| \rho} + 1) \times 10^{-4} \text{ 欧/公里}$$

F_l ——电流波的电话干擾因数，一般取0.01；

l ——接近线段內通訊线的长度（公里）；

$|K| = \sqrt{4\pi\omega\sigma}$

ρ ——电讯线路导线半径（公分）；

M_e ——在800周波时，單线电信线路与电力线路間的互感系数。

当电力线路对双线电话线路引起电磁感应并出現干擾影响的电动势时，其电动势大小按下列公式計算

$$u_m = \sqrt{u_{m1}^2 + u_{m2}^2}$$

式中 $u_{m1} = 10^4 \frac{d}{a} F_l I l'_s \text{ (千分伏)}$ ；

$$u_{m2} = 5 \times 10^5 \eta F_l I \sum_{i=1}^n M_e l_p \text{ (千分伏)}。$$

式中 d ——双线电话线导线間距（公尺）；

a ——接近距离(公尺);
 F_1 ——电流波的电话干扰因数;
 I ——“兩綫——地”制輸电綫路的最大負荷电流(安);
 l'_s ——电话綫路换位間的計算長度(公里);
 η ——双綫电话对雜音的敏感系数,为干擾电压(u_b)与該回綫的縱电势(E)之比(对橫担电话 $\eta=0.003$, 对鈎瓶电话 $\eta=0.015$);
 l_p ——接近綫段長度(公里)。

电力綫路对單綫电信綫路的静电感应,該綫路的电报机的干擾电流可按下列公式計算

$$I_a = k_2 \times 10^{-3} u_0 \sum_{n=1}^n \frac{l_p}{n+2} \times \frac{bc}{a^2+b^2+c^2} \times pq \text{ (千分安)}$$

式中 k_2 ——“兩綫——地”制輸电綫路为 0.9, “一綫——地”制輸电綫路为 0.68。
 电力綫路对双綫电信綫路的静电感应,在双綫电话回路中干擾电势可按下列公式計算

$$u_s = \sqrt{u_{s1}^2 + u_{s2}^2} \text{ (千分伏)}$$

式中 $u_{s1} = 90 \times 10^{-3} k_1 \eta Z_a F u_0 \frac{l'_s}{n+2} \times \frac{abcd}{(a^2+b^2+c^2)^2} \text{ (千分伏)(橫担电话)}$

$$u_{s2} = 16 \times 10^{-3} k_2 Z_a F u_0 \sum_{n=1}^n \frac{l_p}{n+2} \times \frac{bc}{a^2+b^2+c^2} \times pq \text{ (千分伏)}$$

F ——电压波的干擾因数 0.01。

其他符号的意义与前列的相同。

电力綫路对單綫电信綫路的电磁感应,在該綫路的电报机中的干擾电流按下列公式計算

$$I_{ma} = 3.14 \times 10^3 \frac{I}{2Z'_a + Zl} \sum_{n=1}^n M l_p \text{ (千分安)}$$

式中 Z ——为每公里电报綫在 $f=50$ 周波时的电阻抗

Z'_a ——电报机在 $f=50$ 周波时的阻抗(欧),其他符号的意义同前。

电力綫路与电信綫路交叉时,在电信綫路中的干擾电压和干擾电流同样產生危險影响和干擾影响。因此,应進行計算,使干擾影响獲得明确的論証。其計算公式介紹如下

(I) 电力綫路在电信綫路單綫电报机的干擾电流按下列公式計算

$$I'_a = 2.8 \times 10^{-6} k_2 u_0 \frac{e}{(n+2) \sin \varphi} \text{ (千分安)}$$

(II) 电力綫路对單綫电话綫路的感应的雜音电势按下列公式計算

$$u_{s0} = 90 \times 10^{-6} k_2 Z_a F u_0 \frac{c}{(n+2) \sin \varphi} \text{ (千分伏)}$$

(III) 电力綫路对双綫电话綫路的感应的雜音电势按下列公式計算

$$u'_s = \sqrt{u_{s1}^2 + u_{s2}^2}$$

式中 $u_{s1} = 45 \times 10^{-6} k_2 Z_a F u_0 \frac{d \sin \psi}{(n+2) \sin \varphi} \text{ (千分伏)}$

$$u_{s2} = 90 \times 10^{-6} k_2 \eta Z_a F u_0 \frac{c}{(n+2) \sin \varphi} \text{ (千分伏)}$$

φ ——电力綫路与电信綫路的交叉角度。

ψ ——电话綫路導綫平面与水平面的傾斜角度。

其他各符号見前。

以上所述公式是介紹的簡單的式子,許多有关因素沒有詳細的分析和說明,希望应用时注意基本条件,以免發生錯誤。

V 計算举例

已知数:有关通信綫的数据(如長度,綫号,换位最大間距等)見附表;

大地導电率 $\sigma = 0.5 \times 10^{-14}$ 绝对电磁單位(因無实测值,所以以东北地区最坏的計算);

發电机次瞬間电抗 $X_d'' = 0.27$ (标么值)(發电机 50 瓩 220 伏,50 周,600 轉/分);

升压变压器阻抗电压 $u_k\% = 5.7$ (容量为 50 千伏安,三相 $Y-Y$, 3300/220 伏/8.75/131.5 安);

电话綫 800 周波时阻抗 $Z_a = 600$ 欧(銅,鋁綫);

$Z_a = 1,000$ 欧(鉄电话綫);

音响电报的全阻抗 $Z'_a = 600$ 欧;

送电綫平均高度 $b = 7$ 公尺;

通信綫平均高度 $c = 6$ 公尺;

通信綫間距离 $d = 0.22$ 公尺及 0.4 公尺。

VI 計算过程

1. 短路电流 I_k 的計算:因为短路电流甚小,所以在計算危險影响时都以在升压变压器高压出綫处發生三相短路所得的最大短路电流計算。

$$I_k = \sqrt{2} P I_d'' = \sqrt{2} P \frac{I_H}{X_d'' + X_{TP}} P \text{ 为冲击系数,当变压器容量} < 100 \text{ 仟}$$

伏安时, $P = 1$

$$\therefore I_k = I_H \frac{\sqrt{2}}{0.27 + 0.057} = 8.75 \times \sqrt{2} \times 3.06 = \sqrt{2} \times 26.8 \text{ 安} = 37.8 \text{ 安}$$

2. 互感系数:查規程中的附圖(見电業規程彙編第 231 及 385 頁)求得 50 周与 800 周之互感系数如下頁表中所列。

3. 危險影响:感应縱电势 $E = 0.7 \sum \omega M l_p \cdot I_k$ (伏)

乙綫 $E = 0.7 \times (573.4 \times 10^{-3}) \times 37.8 = 15.4$ 伏 < 60 伏(合格)

甲綫 $E = 0.7 \times (459.7 \times 10^{-3}) \times 37.8 = 12.3$ 伏 < 750 伏(合格)

| 通信綫名称 | 接近綫段编号 | 該段電流(安) | 接近寬度 | | | | 接近長度 | | 互感係數 | | | | $\frac{b_c l_p}{a^2 b^2 c^2}$ |
|-------|--------|---------|-------|-------|-------|------------------------|-------|-------|------------|--------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------------|
| | | | a_1 | a_2 | a_3 | $a_3 = \sqrt{a_1 a_2}$ | 全長 | 投影長 | ωm | $\omega m l_p$ | m_e | $m_e l_p$ | |
| | | | 公尺 | 公尺 | 公尺 | 公尺 | 公尺 | 公尺 | 歐/公里 | 10 ⁻³ 歐 | 10 ⁻⁶ 亨/公里 | 10 ⁻⁶ 亨-安 | |
| | | | 公尺 | 公尺 | 公尺 | 公尺 | 公尺 | 公尺 | 歐/公里 | 10 ⁻³ 歐 | 10 ⁻⁶ 亨/公里 | 10 ⁻⁶ 亨-安 | |
| 甲綫 | A | 4.545 | 1,000 | 600 | 60 | 773 | 0.5 | 0.25 | 110 | 27.5 | 175 | 198 | 0.175 |
| | B | 4.545 | 600 | 270 | 16.2 | 402 | 0.38 | 0.19 | 150 | 28.5 | 275 | 237.5 | 0.493 |
| | C | 4.545 | 270 | 90 | 2.41 | 156 | 0.2 | 0.1 | 216 | 21.6 | 490 | 222 | 1.74 |
| | D | 4.545 | 90 | 30 | 0.21 | 52 | 0.008 | 0.034 | 275 | 9.35 | 650 | 100.6 | 5.13 |
| | E | 4.545 | 30 | 10 | 0.03 | 17.3 | 0.024 | 0.012 | 350 | 4.2 | 860 | 47 | 18.1 |
| | F | 4.545 | 10 | 30 | 0.03 | 17.3 | 0.024 | 0.012 | 350 | 4.2 | 850 | 47 | 13.1 |
| | G | 4.545 | 30 | 90 | 0.27 | 52 | 0.068 | 0.034 | 275 | 9.35 | 650 | 100.5 | 5.73 |
| | H | 4.545 | 90 | 270 | 2.41 | 156 | 0.2 | 0.1 | 216 | 21.6 | 490 | 222 | 1.74 |
| | I | 4.545 | 270 | 310 | 22.0 | 468 | 0.6 | 0.3 | 140 | 47 | 250 | 340 | 0.572 |
| | J | 4.545 | 810 | 380 | 112.0 | 1,060 | 0.72 | 0.36 | 90 | 32.2 | 126 | 204 | 0.135 |
| | K | 1.575 | 120 | 300 | 3.6 | 190 | 0.65 | 0.60 | 200 | 120 | 420 | 397 | 7.00 |
| | L | 1.575 | 300 | 600 | 18.0 | 425 | 1.0 | 0.96 | 145 | 130 | 263 | 405 | 2.24 |
| 乙綫 | 總和 | | | | | | 4.434 | | | 459.7 | | 2520.0 | 50.55 |
| | a | 6.29 | 700 | 600 | 42 | 630 | 0.38 | 0.36 | 130 | 46 | 200 | 452 | 0.86 |
| | b | 6.29 | 600 | 900 | 49 | 700 | 0.72 | 0.68 | 125 | 85 | 185 | 790 | 0.583 |
| | c | 4.545 | 900 | 1,200 | 100 | 1,000 | 2.32 | 2.30 | 105 | 242 | 135 | 1410 | 0.965 |
| | d | 1.575 | 1,540 | 600 | 81 | 900 | 1.54 | 1.23 | 110 | 135.0 | 150 | 291 | 0.638 |
| | e | 1.575 | 600 | 220 | 12.2 | 350 | 0.60 | 0.48 | 165 | 79.2 | 300 | 227 | 1.650 |
| | f | 1.75 | 320 | 1,000 | 30.1 | 550 | 1.66 | 0.41 | 140 | 57.5 | 232 | 166 | 0.572 |
| | g | 1.75 | 1,000 | 3,720 | 360 | 1,900 | 1.82 | 0.41 | 70 | 28.7 | 60 | 43 | 0.048 |
| | 總和 | | | | | | 9.04 | | | 573.4 | | 2879 | 5.416 |

$$A = 4 \times 10^{-5} k_1^2 U_R^2 \sum_{n=1}^n \frac{l_p}{n+2} \cdot \frac{bc}{a^2 + b^2 + c^2} pq \quad (\text{千分焦耳})$$

其中 $k_1 = 0.32$; $p = q = 1$

電話綫數目 n

$$\text{乙綫 } n=24 \quad A = 4 \times 10^{-5} (0.32)^2 (3,300)^2 \left(\frac{1}{26} \right)^2 (5.416 \times 10^{-4})^2 \frac{9.04}{26}$$

$$= 5.555 \times 10^{-8} < 20 \text{ 千分焦耳 (合格)}$$

$$\text{甲綫 } n=2 \quad A = 4 \times 10^{-5} (0.32)^2 (3,300)^2 4.434 \left(\frac{1}{4} \right)^2 (50.55 \times 10^{-4})^2$$

$$= 6,400 \times 10^{-8} < 20 \text{ 千分焦耳 (合格)}$$

4. 乙綫雙綫電話綫內所生之雜音電動勢 U_{sm}

$$U_{m1} = 10^4 \frac{d}{a} F_1 I l_s' = 10^4 \times \frac{0.22}{650} \times 10^{-2} \times 6.29 \times \frac{129.05}{2}$$

$$= 13.8 \text{ (千分伏)}$$

附注: 1. 計算中 $\frac{l}{a}$ 採用第 a 段的數值, 因該段 $\frac{l}{a}$ 值最大;

$$2. l_s' = \frac{129.05}{2} = \frac{l_s}{2}; 129.05 \text{ 為雙綫電話中兩次換位間最大距離的公里數。}$$

$$U_{m2} = 5 \times 10^5 \eta F_1 I \sum_{n=1}^n M_e l_p$$

$$= 5 \times 10^5 \times 0.008 \times 0.01 \times 2,879 \times 10^{-6} \times 1 = 1.15 \text{ 千分伏}$$

$$U_{s1} = 90 \times 10^{-3} k_1 Z_a F U_l \frac{l_s'}{n+2} \cdot \frac{abcd}{(a^2 + b^2 + c^2)^2}$$

$$= 90 \times 10^{-3} \times 0.32 \times 1,000 \times 10^{-2} \times 3,300 \times \frac{129.05}{2(24+2)} \times$$

$$\times \frac{350 \times 7 \times 6 \times 0.22}{(350^2 + 7^2 + 6^2)^2} = 0.505 \times 10^{-3} \text{ 千分伏}$$

附注: 採用 $a=350$, 即第 e 段, 因該段離通信綫最近, 靜電影響最大。

$$U_{s2} = 16 \times 10^{-3} \times k_2 \times Z_a \eta F U_l \sum_{n=1}^n \frac{l_p}{n+2} \cdot \frac{bc}{a^2 + b^2 + c^2} pq$$

$$= 16 \times 10^{-3} \times 0.9 \times 10^3 \times 0.008 \times 10^{-2} \times 3,300 \times \frac{1}{24+2} \times$$

$$\times (5.416 \times 10^{-4}) \times 1 \times 1 = 0.0791 \times 10^{-3} \text{ 千分伏}$$

$$U_{sm} = \sqrt{U_{m1}^2 + U_{m2}^2 + U_{s1}^2 + U_{s2}^2}$$

$$= \sqrt{(13.8)^2 + (1.15)^2 + (0.505 \times 10^{-3})^2 + (0.0791 \times 10^{-3})^2}$$

$$= 13.85 > 1.75 \text{ (不允許)}$$

5. 甲綫 (雙綫電話) 所生的雜音電動勢 U_{sm}

$$U_{m1} = 10^4 \frac{0.4}{17.3} \times 10^{-2} \times 4.545 \times \frac{8}{2} = 42 \text{ 千分伏 (採用 } \frac{l}{a} = \frac{4.545}{17.3} \text{)}$$

即第 E 、 F 段, 因該二段 $\frac{l}{a}$ 最大; $l_s=8$, 因全綫未換位)

$$U_{m2} = 5 \times 10^5 \times 0.008 \times 0.01 \times 2,520.5 \times 10^{-6} = 1 \text{ 千分伏}$$

$$U_{s1} = 90 \times 10^{-3} \times 0.32 \times 1,000 \times 10^{-2} \times 3,300 \times$$

$$\times \frac{8}{2(2+2)} \cdot \frac{17.3 \times 7 \times 6 \times 0.4}{(17.3^2 + 7^2 + 6^2)^2} = 1.86 \text{ 千分伏}$$

$$U_{s2} = 16 \times 10^{-3} \times 0.9 \times 10^3 \times (8 \times 10^{-3}) \times 10^{-2} \times 3,300 \times \frac{1}{2+2} \times$$

$$\times (50.55 \times 10^{-4}) \times 1 \times 1 = 4.8 \times 10^{-3} \text{ 千分伏}$$

$$U_{sm} = \sqrt{U_{m1}^2 + U_{m2}^2 + U_{s1}^2 + U_{s2}^2} = \sqrt{42^2 + 1^2 + 1.86^2 + (4.8 \times 10^{-3})^2}$$

$$= 42 > 10 \text{ 千分伏 (不允許)}$$

6. 增加通信綫之換位后所生的雜音電動勢 U_{sm}

乙綫電話綫, 令 $l_s=12.9$ 公里

$$U_{sm} = \sqrt{\left(U_{m1} \frac{12.9}{129} \right)^2 + \left(U_{m2} \right)^2 + \left(U_{s1} \frac{12.9}{129} \right)^2 + U_{s2}^2}$$

$$= 1.8 \text{ 千分伏 (略大於允許值 1.75)}$$

甲线电话线, 令 $l_0=1.5$ 公里

$$U_{am} = \sqrt{\left(U_{m1} \frac{1.5}{8.0}\right)^2 + U_{m2}^2 + \left(U_{m1} \frac{1.5}{8.0}\right)^2 + U_{m2}^2}$$

$$= 7.95 \text{ 千分伏} < 10 \text{ (允许)}$$

7. 单线快速电报

电报线全长 $l=400.82$ 公里;

电报线阻抗 $Z=1.5$ 欧/公里 (独股铜线直径 4.0 公厘, 电阻 $R=1.5$ 欧/公里,

电抗 $X=0.32$ 欧/公里);

电磁干扰电流 I_{am}

$$I_{am} = 3.14 \times 10^5 \frac{1}{2Z_a + Zl} I \sum_{i=1}^n M_{ei} l_{pi} r_{si} \text{ (千分安)}$$

$$= 3.14 \times 10^5 \frac{1}{2 \times 600 + 1.5 \times 400.82} (2,879 \times 10^{-6}) \times 1 \times 1$$

$$= 0.501 \text{ (千分安)}$$

静电干扰电流 I_{as}

$$I_{as} = k_2 \times 10^{-3} \times u_l \sum_{i=1}^n \frac{l_{pi}}{n+2} \frac{bc}{a^2 + b^2 + c^2} pq$$

$$= 0.9 \times 10^{-3} \times 3,300 \times \frac{1}{24+2} (5.416 \times 10^{-4}) \times 1 \times 1$$

$$= 0.06 \times 10^{-3} \text{ (千分安)}$$

$$\text{总干扰电流 } I_a = \sqrt{I_{as}^2 + I_{am}^2} = \sqrt{0.501^2 + (0.06 \times 10^{-3})^2}$$

$$= 0.501 < 1 \text{ 千分安 (允许)}$$

8. 单线普通电报 (音响电报) 的干扰电流 I_a

电报线全长 $l=190.547$ 公里;

架空线路互感电抗的近似值,

附录 1

| 导线直径 或截面 (公厘) | 电 抗 | | | | | | | |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 3.5 | 4 | 5 | 6 | 4 | 6 | 10 | 16 |
| *导线 间几何平 均距离 (公厘) | | | | | | | | |
| 400 | 0.341 | 0.332 | 0.318 | 0.307 | 0.385 | 0.371 | 0.355 | 0.333 |
| 600 | 0.368 | 0.359 | 0.345 | 0.334 | 0.411 | 0.397 | 0.381 | 0.358 |
| 800 | 0.384 | 0.375 | 0.361 | 0.350 | 0.429 | 0.415 | 0.399 | 0.377 |
| 1000 | 0.398 | 0.389 | 0.375 | 0.364 | — | 0.429 | 0.413 | 0.391 |
| 1250 | — | 0.403 | 0.389 | 0.378 | — | 0.443 | 0.427 | 0.405 |
| 1500 | — | 0.414 | 0.400 | 0.389 | — | — | 0.438 | 0.416 |
| 2000 | — | — | — | — | — | — | 0.457 | 0.435 |
| 2500 | — | — | — | — | — | — | — | 0.449 |
| 3000 | — | — | — | — | — | — | — | 0.460 |
| 3500 | — | — | — | — | — | — | — | 0.470 |
| 4000 | — | — | — | — | — | — | — | 0.478 |
| 4500 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 5000 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 5500 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 6000 | — | — | — | — | — | — | — | — |

*导线间几何平均距离 d_{orp} 即三导线互相间的距离的乘积 $d_{1-2}, d_{2-3}, d_{3-1}$, 开三次方,

电报线阻抗 $Z=14$ 欧/公里 (4.5 公厘 Φ 铁线)

$$I_{am} = 3.14 \times 10^5 \frac{1}{2 \times 600 + 14 \times 190.547} (2,879 \times 10^{-6}) \times 1 = 0.24 \text{ 千分安}$$

$$I_{as} = 0.06 \times 10^{-3} \text{ 千分安 (与快速电报同)}$$

$$\text{总干扰电流 } I_a = \sqrt{I_{as}^2 + I_{am}^2} = \sqrt{(0.06 \times 10^{-3})^2 + (0.24)^2}$$

$$= 0.24 < 3 \text{ 千分安 (允许)}$$

5. 附录

通信线的数据, 通信线平均高度 $c=6$ 公尺, 平均间距 $d=0.22$ 公尺 (沿专用线 $=0.4$ 公尺)。

| 名称 | 导线编号 | 通信线全长 l (即换位间最大之中继站间公里数) | 换位间最大之距离 l_a (公里) | 通信线线号 | 通信线800周波之阻抗 Z_a (Ω) | 用途 | 注 |
|----|------|----------------------------|---------------------|--------------|--------------------------------|---------|--|
| 甲线 | 1 | 129.05 | 1.215 | M Φ 4 | 600 | 双线电话 | M Φ 4为4公厘直径之铜线 Ж Φ 4.5为4.5公厘直径之铁线 |
| | 2 | 129.05 | 129.05 | Ж Φ 4.5 | 1000 | 双线电话 | |
| | 3甲 | 190.547 | 190.547 | Ж Φ 4.5 | 1000 | 单线电报 | |
| | 3乙 | 11.05 | 11.05 | Ж Φ 4.5 | 1000 | 半自动闭塞线 | |
| | 4 | 190.547 | 12.90 | M Φ 4 | 600 | 双线电话 | 5号位置空 |
| | 6 | 129.05 | 129.05 | Ж Φ 4.5 | 1000 | 双线电话 | |
| | 7 | 73.878 | 17.7 | Ж Φ 4.5 | 1000 | 双线电话 | |
| | 8 | 129.03 | 5.05 | M Φ 4 | 600 | 双线电话 | |
| | 9 | 190.547 | 4.85 | M Φ 4 | 600 | 双线电话 | 11号位置空 |
| | 10 | 129.03 | 17.7 | Ж Φ 4.5 | 1000 | 双线电话 | |
| | 12 | 190.547 | 8.73 | M Φ 2.9 | 700 | 双线电话 | |
| | 13 | 129.03 | 129.03 | A Φ 4.0 | 600 | 双线电话 | |
| | 16 | 400.82 | 1.12 | M Φ 4.0 | 600 | 双线电话带载波 | A Φ 4为4公厘直径之铝线 14、15号位置空 |
| | 乙线 | 8.0 | 8.0 | Ж Φ 4 | 1000 | 双线电话 | |

适用于铜线、铝线和钢线

| 25 | 35 | 50 | 70 | 95 | 120 | 150 | 185 | 240 | 300 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| (欧/公里) | | | | | | | | | |
| 0.319 | 0.308 | 0.297 | 0.283 | 0.274 | — | — | — | — | — |
| 0.345 | 0.336 | 0.325 | 0.309 | 0.300 | 0.292 | 0.287 | 0.280 | — | — |
| 0.363 | 0.352 | 0.341 | 0.327 | 0.318 | 0.310 | 0.305 | 0.298 | — | — |
| 0.377 | 0.366 | 0.355 | 0.341 | 0.332 | 0.324 | 0.319 | 0.313 | 0.325 | 0.298 |
| 0.391 | 0.380 | 0.369 | 0.355 | 0.346 | 0.338 | 0.333 | 0.327 | 0.319 | 0.312 |
| 0.402 | 0.391 | 0.380 | 0.366 | 0.357 | 0.349 | 0.344 | 0.338 | 0.330 | 0.323 |
| 0.421 | 0.410 | 0.398 | 0.385 | 0.376 | 0.368 | 0.363 | 0.357 | 0.349 | 0.342 |
| 0.435 | 0.424 | 0.413 | 0.399 | 0.390 | 0.382 | 0.377 | 0.371 | 0.363 | 0.356 |
| 0.446 | 0.435 | 0.423 | 0.410 | 0.401 | 0.393 | 0.388 | 0.382 | 0.374 | 0.367 |
| 0.456 | 0.445 | 0.433 | 0.420 | 0.411 | 0.403 | 0.398 | 0.392 | 0.384 | 0.377 |
| 0.464 | 0.453 | 0.441 | 0.428 | 0.419 | 0.411 | 0.406 | 0.400 | 0.392 | 0.385 |
| 0.471 | 0.460 | 0.448 | 0.435 | 0.426 | 0.418 | 0.413 | 0.407 | 0.399 | 0.392 |
| — | 0.467 | 0.456 | 0.442 | 0.433 | 0.425 | 0.420 | 0.414 | 0.406 | 0.399 |
| — | — | 0.462 | 0.443 | 0.439 | 0.431 | 0.426 | 0.420 | 0.412 | 0.405 |
| — | — | 0.468 | 0.454 | 0.445 | 0.437 | 0.432 | 0.426 | 0.418 | 0.411 |

意即 $d_{0.r.p} = \sqrt[3]{d_{1-2} d_{2-3} d_{3-1}}$ — 译注

附錄2 裸銅線、鋁線和鋼心鋁線的電阻值

| 標準 截面 (平方公厘) | 牌 號 | | | | | | | | | |
|--------------------|------------------|----------------------------|---|------------------|----------------------------|---|------------------|----------------------------|---|------------------|
| | 導 線 | | | | | 牌 號 | | | | |
| | M | | A | | | AC | | ACY | | |
| | 導 線 股 數 | 導 線 計算 直徑 (公厘) | 溫 度 +20° 時電阻 不能大 于下值 (歐/公里) | 導 線 股 數 | 導 線 計算 直徑 (公厘) | 溫 度 +20° 時電阻 不能大 于下值 (歐/公里) | 導 線 股 數 | 導 線 計算 直徑 (公厘) | 溫 度 +20° 時電阻 不能大 于下值 (歐/公里) | 導 線 股 數 |
| 4 | 1 | 2.2 | 4.65 | — | — | — | — | — | — | — |
| 6 | 1 | 2.7 | 3.06 | — | — | — | — | — | — | — |
| 10 | 1 | 3.5 | 1.84 | — | — | — | — | — | — | — |
| 16 | 7 | 5.1 | 1.20 | 7 | 5.1 | 1.96 | — | — | — | — |
| 25 | 7 | 6.3 | 0.74 | 7 | 6.3 | 1.27 | — | — | — | — |
| 35 | 7 | 7.5 | 0.54 | 7 | 7.5 | 0.91 | 6 | 3 | 4 | 8.3 |
| 50 | 7 | 9.0 | 0.39 | 7 | 9.0 | 0.63 | 6 | 7 | 7 | 9.9 |
| 60 | 12 | 10.4 | 0.32 | — | — | — | — | — | — | — |
| 70 | 19 | 10.6 | 0.28 | 7 | 10.6 | 0.45 | 6 | 7 | 9 | 11.7 |
| 95 | 19 | 12.4 | 0.20 | 7 | 12.4 | 0.33 | 28 | 7 | 18 | 13.9 |
| 120 | 19 | 14.0 | 0.158 | 19 | 14.0 | 0.27 | 28 | 7 | 22 | 15.3 |
| 150 | 19 | 15.8 | 0.123 | 19 | 15.8 | 0.21 | 28 | 7 | 27 | 17.0 |
| 185 | 37 | 17.5 | 0.103 | 19 | 17.4 | 0.17 | 28 | 7 | 34 | 19.1 |
| 240 | 37 | 20.0 | 0.078 | — | — | — | 28 | 7 | 43 | 21.5 |
| 300 | 37 | 22.2 | 0.062 | — | — | — | 28 | 7 | 56 | 24.4 |
| 400 | 37 | 25.6 | 0.047 | — | — | — | 28 | 19 | 72 | 27.8 |

附錄3 鋼導線的電阻值(歐/公里)

| 電流 (安) | 牌 號 | 牌 號 | 牌 號 | 牌 號 | 牌 號 | 牌 號 | 牌 號 | 牌 號 | 牌 號 |
|-----------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | ЖЗ3.5 | ЖЗ4 | ЖЗ5 | ЖЗ6 | ПЗ-25 | ПЗ-35 | ПЗ-50 | ПЗ-70 | ПЗ-95 |
| 0.5 | 14.9 | 11.5 | — | — | — | — | — | — | — |
| 1 | 15.2 | 11.8 | — | — | 5.25 | 3.66 | 2.75 | 1.70 | 1.55 |
| 1.5 | 15.7 | 12.3 | 7.9 | — | 5.26 | 3.66 | 2.75 | 1.70 | 1.55 |
| 2 | 16.1 | 12.5 | 8.35 | 7.2 | 5.27 | 3.66 | 2.75 | 1.70 | 1.55 |
| 3 | 17.4 | 13.4 | 9.5 | 7.7 | 5.28 | 3.67 | 2.75 | 1.70 | 1.55 |
| 4 | 18.5 | 14.3 | 10.8 | 8.85 | 5.30 | 3.69 | 2.75 | 1.70 | 1.55 |
| 5 | 20.1 | 15.5 | 12.3 | 10.1 | 5.32 | 3.70 | 2.75 | 1.70 | 1.55 |
| 6 | 21.4 | 16.5 | 13.8 | 10.7 | 5.35 | 3.71 | 2.75 | 1.70 | 1.55 |
| 7 | 21.5 | 17.3 | 15.0 | 11.1 | 5.37 | 3.73 | 2.75 | 1.70 | 1.55 |
| 8 | 21.7 | 18.0 | 15.4 | 11.3 | 5.40 | 3.75 | 2.76 | 1.70 | 1.55 |
| 9 | 21.8 | 18.1 | 15.2 | 11.4 | 5.45 | 3.77 | 2.77 | 1.70 | 1.55 |
| 10 | 21.9 | 18.1 | 14.6 | 11.5 | 5.50 | 3.80 | 2.78 | 1.70 | 1.55 |
| 15 | 20.2 | 17.3 | 13.6 | 11.3 | 5.97 | 4.02 | 2.80 | 1.70 | 1.55 |
| 20 | — | — | 12.7 | 11.0 | 6.70 | 4.40 | 2.85 | 1.72 | 1.55 |
| 25 | — | — | — | 10.7 | 6.97 | 4.89 | 2.95 | 1.74 | 1.55 |
| 30 | — | — | — | — | 7.10 | 5.21 | 3.10 | 1.77 | 1.56 |
| 35 | — | — | — | — | 7.10 | 5.36 | 3.25 | 1.79 | 1.56 |
| 40 | — | — | — | — | 7.02 | 5.35 | 3.40 | 1.83 | 1.57 |
| 45 | — | — | — | — | 6.92 | 5.30 | 3.52 | 1.88 | 1.57 |
| 50 | — | — | — | — | 6.85 | 5.25 | 3.61 | 1.93 | 1.58 |
| 60 | — | — | — | — | 6.70 | 5.13 | 3.69 | 2.07 | 1.58 |
| 70 | — | — | — | — | 6.60 | 5.00 | 3.73 | 2.21 | 1.61 |
| 80 | — | — | — | — | 6.50 | 4.89 | 3.70 | 2.27 | 1.63 |
| 90 | — | — | — | — | 6.40 | 4.78 | 3.68 | 2.29 | 1.67 |
| 100 | — | — | — | — | 6.32 | 4.71 | 3.65 | 2.33 | 1.71 |
| 125 | — | — | — | — | — | 4.60 | 3.58 | 2.33 | 1.83 |
| 150 | — | — | — | — | — | 4.47 | 3.50 | 2.38 | 1.87 |
| 175 | — | — | — | — | — | — | 3.45 | 2.23 | 1.89 |
| 200 | — | — | — | — | — | — | — | 2.19 | 1.88 |

附錄4 鋼導線自感抗(歐/公里)

| 電流 (安) | 牌 號 | 牌 號 | 牌 號 | 牌 號 | 牌 號 | 牌 號 | 牌 號 | 牌 號 | 牌 號 |
|-----------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | ЖЗ3.5 | ЖЗ4 | ЖЗ5 | ЖЗ6 | ПЗ-25 | ПЗ-35 | ПЗ-50 | ПЗ-70 | ПЗ-95 |
| 0.5 | 1.04 | 0.69 | — | — | — | — | — | — | — |
| 1 | 2.27 | 1.54 | — | — | 0.54 | 0.33 | 0.23 | 0.16 | 0.08 |
| 1.5 | 4.24 | 2.82 | 2.13 | — | 0.55 | 0.34 | 0.23 | 0.16 | 0.08 |
| 2 | 6.45 | 4.38 | 3.58 | 3.95 | 0.55 | 0.35 | 0.24 | 0.17 | 0.08 |
| 3 | 9.6 | 7.9 | 6.45 | 5.53 | 0.56 | 0.36 | 0.25 | 0.17 | 0.08 |
| 4 | 11.9 | 9.7 | 8.1 | 7.2 | 0.59 | 0.37 | 0.25 | 0.18 | 0.08 |
| 5 | 14.1 | 11.5 | 9.7 | 8.4 | 0.63 | 0.40 | 0.26 | 0.18 | 0.08 |
| 6 | 16.3 | 12.5 | 11.2 | 9.15 | 0.67 | 0.42 | 0.27 | 0.19 | 0.08 |
| 7 | 16.5 | 13.2 | 12.3 | 9.55 | 0.70 | 0.45 | 0.27 | 0.19 | 0.08 |
| 8 | 16.7 | 14.2 | 13.3 | 9.85 | 0.77 | 0.48 | 0.28 | 0.20 | 0.08 |
| 9 | 16.9 | 14.3 | 13.1 | 9.9 | 0.84 | 0.51 | 0.29 | 0.20 | 0.08 |
| 10 | 17.1 | 14.3 | 12.4 | 10.3 | 0.93 | 0.55 | 0.30 | 0.21 | 0.08 |
| 15 | 18.3 | 13.3 | 11.4 | 10.0 | 1.33 | 0.75 | 0.35 | 0.23 | 0.08 |
| 20 | — | — | 10.5 | 9.7 | 1.63 | 1.04 | 0.42 | 0.25 | 0.09 |
| 25 | — | — | — | 9.2 | 1.91 | 1.32 | 0.49 | 0.27 | 0.09 |
| 30 | — | — | — | — | 2.01 | 1.56 | 0.59 | 0.30 | 0.09 |
| 35 | — | — | — | — | 2.06 | 1.64 | 0.69 | 0.33 | 0.09 |
| 40 | — | — | — | — | 2.09 | 1.69 | 0.80 | 0.37 | 0.10 |
| 45 | — | — | — | — | 2.08 | 1.71 | 0.91 | 0.41 | 0.11 |
| 50 | — | — | — | — | 2.07 | 1.72 | 1.00 | 0.45 | 0.11 |
| 60 | — | — | — | — | 2.00 | 1.70 | 1.10 | 0.55 | 0.13 |
| 70 | — | — | — | — | 1.90 | 1.64 | 1.14 | 0.65 | 0.15 |
| 80 | — | — | — | — | 1.79 | 1.57 | 1.15 | 0.70 | 0.17 |
| 90 | — | — | — | — | 1.73 | 1.50 | 1.14 | 0.72 | 0.20 |
| 100 | — | — | — | — | 1.67 | 1.43 | 1.13 | 0.73 | 0.23 |
| 125 | — | — | — | — | — | 1.29 | 1.04 | 0.73 | 0.31 |
| 150 | — | — | — | — | — | 1.27 | 0.95 | 0.73 | 0.34 |
| 175 | — | — | — | — | — | — | 0.94 | 0.71 | 0.35 |
| 200 | — | — | — | — | — | — | — | 0.69 | 0.35 |

八、四川省小型水电厂调查报告

水利部北京勘测设计院水电组

我們这次到四川主要是調查已建成的小型水电厂的情况，收集資料，总结設計、施工、运转等方面的經驗。四川省水力资源丰富，小型水电厂的数量很多，但我們因限于時間，只調查了18个县的21所小型水力发电厂（見92~93頁附表），都是属于省工業廳系統的。現就这些小型水电厂的開發方式、水工建筑物、机电設備、經營管理等方面作一綜合的敘述，并介紹一些比較好的經驗。

一、開發方式

这些小型水电厂的容量自5瓩到350瓩，水头自1.5公尺到50公尺，流量自1.0秒公方到6.0秒公方，分布于平原与山地，其開發方式大致可分为下列四种：

(1) 灌溉渠道上的低水头引水式电厂：这种电厂大部分在成都平原上，水头为1.5~2.0公尺，流量1~4秒公方，容量在50瓩以下，利用灌溉渠道的坡降与渠道上的溢水堰得到水头。布置方式如图1。

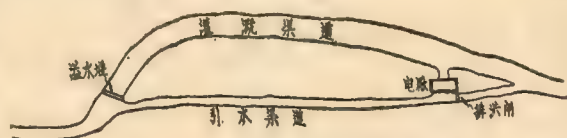


图1. 地方国营新繁水电厂枢纽布置图(水头1.5公尺, 流量1.5~2.0秒公方)

这类电厂的水头往往受附近農田的影响，若溢水堰將水位抬得太高了，就有淹没農田的危險；而流量則受灌溉季節的影响，尤其当电厂建在灌溉渠道的尾部时，在灌溉季節，电厂水量就感不足，这在選擇厂址时必须考慮。很多电厂發生灌溉与发电的矛盾，是由于在建厂时对于灌溉用水量估計不足的緣故。

(2) 灌溉渠道上的河床式低水头电厂：这种电厂不多，主要当灌溉渠道較大时，在渠道上直接攔堤擋水，取得水头。如温江电厂就是利用現成的灌溉渠上的石拱桥的2孔桥洞裝上閘板，作为泄洪閘，另1孔桥洞排泄尾水，并在下游將尾水出水与渠道主流隔开，使下游水位降低，取得水头，如图2。

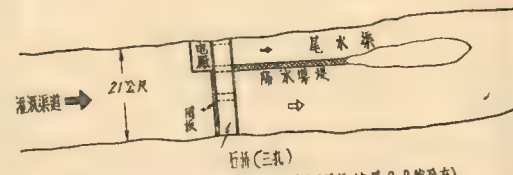


图2. 地方国营温江水电厂枢纽布置图(水头1.6公尺, 流量2.8秒公方)

这种布置方式，主要应有足够的排洪寬度。为了得到水头，可將尾水渠挖深，上

游水位不能过分抬高，以免淹没。

(3) 自大河中引水的低水头电厂：这种电厂共調查了5个，大部分是利用原有灌溉引水系統，电厂是利用已建成的灌溉引水建筑物，这种引水建筑物如渠道等往往长达10多里或20里，而所得水头僅5、6公尺，若僅僅为了发电是不經濟的。現在介紹崇慶縣西門水电厂的開發方式，我們認為是比較好的。

崇慶縣西門水电厂是利用西河的水和西河洪水灘地的坡降而建造的，其樞紐布置如图3。進水口离电厂4公里，一路上都是砂石灘地，在平时西河水走主流（圖3中兩防洪堤間的河道），到洪水季節即經過灘地泄洪。由于电厂建在灘地上，故必須將自西河引入的水貯藏起來，得到水头。在电厂前面建了一个人工水庫，由砂石圍堤而成，在引水渠道進入水庫处建有一防洪洞。在平时水自引水渠進入水庫，防洪洞是

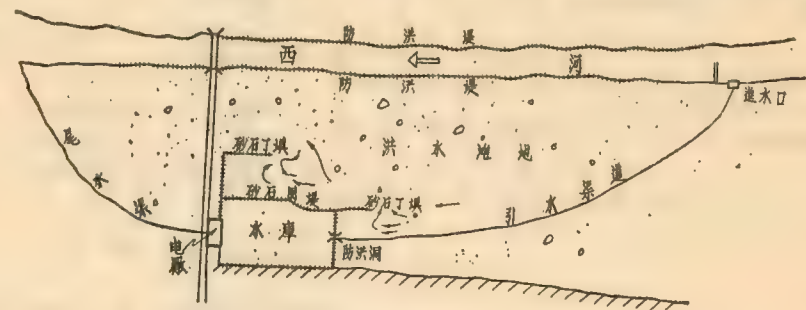


图3. 崇慶縣西門水电厂枢纽布置图(水头4.0公尺, 设计流量10秒公方)

开着的，当洪水來时，庫內水位与庫外水位同时增高，到某一高水位时，必須堵塞防洪洞，以免庫內水位繼續升高时發生内外压力差过大（灘地上水不深）或庫內水向庫外溢流（堤頂高程不同）的危險。如何防止洪水冲毀砂石堤，是最重要的問題。該电厂采用了順水流方向建筑的砂石丁壩，使水庫圍堤外面的水对圍堤無动力作用（或很小），只是靜止压力，因为洪水水流一進入丁壩保护範圍內就平靜了，现在的任务只是加强丁壩头上的防冲能力。这样就將坡降較大的洪水灘地利用起來建造电厂，因为就地取材（砂石），故造价低廉。它的特点是利用砂石丁壩避开洪水。

像西河一样的河流在我國各省中是很多的，所以西門水电厂的開發方式是可以推廣的。

(4) 山区高水头引水式电厂：利用山区河流上游陡坡或瀑布而取得水头，一般都是有壩引水，并形成一个小水庫（僅供日調節），引水建筑物多为渠道，在渠尾接一前池与压力管道。这类电厂存在着两个問題：1. 山区小河流流量一年內变化很大，冬季枯水期常感流量不足，而增加壩高則由于所增蓄的水量不多，反而形成淹没損失，

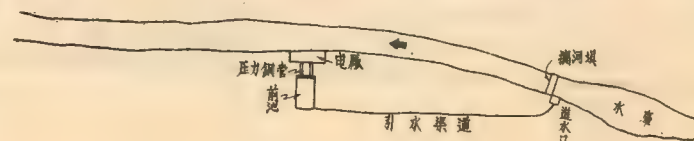


图4. 高水头引水式电站枢纽布置图

| 項 目 电厂名称 | 实际水头 (公尺) | 实际流量 (秒公方) | 电厂可实际最 | | 水 輪 机 | | | | |
|------------------|--------------|-----------------|------------|------------|------------------|--------------|--------------|------------|-------------------------|
| | | | 能出力 (瓩) | 大負荷 (瓩) | 容 量 (瓩) | 型 式 | 轉 速 (轉/分) | 直徑 (公厘) | 制造厂家 |
| 大邑王泗新民水电厂 | 2~3 | 0.9 | 15 | 2.3 | 15 | 鉄制立式 旋槳式 | 260 | 425 | 成都川源 机械工業社 |
| 大邑安仁大邑中学附 屬电厂 | 15 | 0.8 | 5 | 5.0 | | 木制立式 法蘭西斯 | 45 | 850 | 自 制 |
| 崇慶西門电厂 | 2.0 | 5~6 | 44 | 35 | 44 | 木制立式 旋槳式 | 45 | 1800 | 自 制 |
| 崇慶电厂元通分厂 | 3.0 | 3.5 | 18 | 13 | 15 | 木制立式 法蘭西斯 | — | 1500 | 自 制 |
| 溫江电厂南关分厂 | 1.6 | 2.8 | 26 | 26 | 26 | 鉄制立式 旋槳式 | 420 | 1020 | 自 制 |
| 新繁水电厂 | 1.5 | 1.5 | 26.5 | 14 | 二台13.25 共26.5 | 鉄制立式 旋槳式 | 450~500 | 760 | — |
| 金堂水电厂 | 2.0 | — | 45 | 35 | 二台44 共88 | 鉄制立式 法蘭西斯 | 100 | 1300 | 成都制 |
| 崇寧水电厂 | 1.8 | 3~4 | 21 | 21 | 21 | 鉄制立式 旋槳式 | 90 | 1600 | 成都机械厂 |
| 三台水电厂 | 5 | 6 | 200 | 120 | 三台67 共201 | 鉄制立式 旋槳式 | 500 | 750 | 重慶柴油機 厂 |
| 新津水电厂 | 2.6 | 2.0 | 22 | 19.8 | 二台16.5 共33 | 鉄制立式 旋槳式 | 375 | 600 | 成都前進鉄 工厂 |
| 中江水电厂 | 5.6 | 1.7 | 140 | 60 | 82 | 鉄制立式 旋槳式 | 500 | 650 | 重慶柴油機 厂 |
| 遂寧水电厂 | 5 | 5 | — | 162 | 186 | 同上 | 267 | 1500 | 同 上 |
| 雅安水电厂(一) | 36 | 1.5 | 300 | — | 410 | 臥式法蘭 西斯 | 375 | — | 同 上 |
| 雅安水电厂(二) | 10 | 1.5 | 100 | — | 110 | 同上 | 500 | 700 | 國民党資源 委员会昆明 中央机械厂 |
| 荊江大常电厂 | 3.4 | — | 50 | 50 | 50 | 卡普蘭式 | 360 | 750 | 重慶柴油機 厂 |
| 荊江东溪电厂 | 12 | 0.14 | 13 | 13 | 13 | 臥式法蘭 西斯 | 650 | 300 | 同 上 |
| 郫縣水动力厂 | 1.5 | 2×1.33 =2.66 | 26.4 | 26.4 | 二台14.5 共29.0 | 鉄制立式 旋槳式 | 73 | 1200 | |
| 大竹水电厂 | 15 | 1.0 | 74 | 74 | 110 | 鉄制臥式 法蘭西斯 | 580 | | 重慶柴油機 厂 |

| 發 电 机 | | | | 傳动设备 | 电厂效率 % | 备 注 |
|--------------|------------|------|----------------------|-------------------|-----------|-------------------|
| 容 量 (仟伏安) | 型 式 | 轉 速 | 制造厂家 | | | |
| 25 | 臥 | 1200 | 舊貨 | 齒輪皮帶 二次傳动 | | 水头設計3.0公尺，实际只有2公尺 |
| 28 | 臥 | 1500 | 外國貨 | 同 上 | 40% | |
| 70 | 臥 | 800 | — | 同 上 | 30% | 設計水头4.0公尺，流量10秒公方 |
| 15 | 臥 | 1500 | 成都裝配 | 同 上 | 20% | |
| 30 | 臥 | 1200 | — | 同 上 | 58% | |
| 30 2.5 | 臥 | 1000 | — | 同 上 | 63% | 設計流量为2.0秒公方 |
| 50 | 臥 | 1000 | 日本貨 | 同 上 | — | |
| 30 7 | 臥 | 1500 | 美昌电器 厂 | 同 上 | 34% | |
| 三台75 共225 | 臥式改为 立式 | 1000 | 華生电机 制造厂 | 三角皮帶 与交叉皮 帶 | — | |
| 22 18 | 臥 | 1200 | — | 齒輪皮帶 二次傳动 | — | |
| 100 | 立 | 500 | 渝光电机 制造厂 | 直 联 | — | |
| 200 | 臥式改为 立式 | 750 | 華生电机 制造厂 | 人字齒一 次傳动 | 66% | |
| 300 | 臥 | 375 | 德國西門 子 | 直 联 | — | |
| 100 | 臥 | 500 | 資源委員 会昆明中 央机械厂 | 直 联 | — | |
| 50 | 臥 | 1500 | 華生电机 制造厂 | 二次皮帶 傳动 | — | |
| 16 | 臥 | 1500 | 改 裝 | 一次皮帶 傳动 | — | |
| 18 25 | 臥臥 | 1500 | 德國貨 | 齒輪皮帶 二次傳动 | — | |
| 100 | 臥 | 1000 | 昆明电机 厂 | 三角皮帶 一次傳动 | | |

極不合算，这些缺点都是由于原設計时对于河流流量資料掌握不全，誤差太大，以致装机容量过大，在枯水期就不能滿足負荷的要求。2. 小水庫容易淤積，万縣水电厂目前就存在水庫淤積問題，这也是由于原設計对于水庫的冲沙設備考慮欠周。例如在壩中只有一个很小的冲砂孔，根本冲不走大量的泥砂。我們認為对于有大量泥砂的河流，攔河壩可做成活动壩的形式，或留几个較大的缺口，以便冲砂。

二、水工建築物

小型水电站的水工建筑物应该简单、经济、实用，并能就地取材，上述小型水电站大多数是符合这些条件的。例如作为挡水结构的拦河坝大都是石砌的滚水重力坝，而石料可在附近取得。中江水电站将砌石重力坝坝体部分砌条石代以干砌块石，同时坝基也用透水的木框石块，以节省建造费用，如图5。当然这种坝是漏水的，对于仅自大河中引用少量水时是合适的。若不必过分抬高水位引水，也可以用临时性的挡水建筑物。如崇庆县西门电厂只在河中打木桩然后拦以竹籬，而利用木桩拦阻洪水时期淌下的柴木成为天然的挡水建筑物。临时性的挡水坝在有些情况下是不好的。例如用于灌溉渠道上的低水头引水式电站的溢水堰（见图1），有的地方用竹篾石块做成，由于竹篾露在水面上极易腐烂，在洪水时期也易冲坏，故必须每年换一次，这样就增加了年修理维护费。例如新繁水电站的支出每年达600多元。在这些地方应用较永久性的建筑物，以省去每年的巨大支出。如郫县水电站的溢水堰，基础系用木框石块，上面为木桩闸板，每年几乎不需要修理（见图6）。木框石块作为水工部分是很合适的，因为木材在水中既耐久又耐冲。

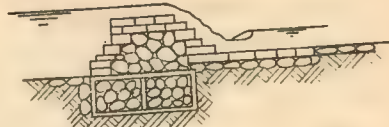


图 5. 砌石漆水坝

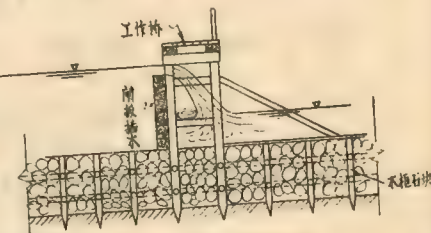


图 6. 柳林水电厂的溢水堰.

100 瓩以下小电厂的渠首建筑物都是很简单的或是临时性的，当洪水来时，就在渠首横几根木头或放下插木，以减少流入渠道的流量，无冲砂设备；100 瓩以上的电厂则有较正规的进水闸与冲砂闸，都是石砌的，闸门都是平板木闸门。临时性的渠首建筑物，在洪水来得快时，不能调节流量，所以对于自洪水变化较大、洪水来得较快的河流上引水的渠道，最好有简单的渠首建筑物；至于冲砂设备，则视河流含砂量的多寡而定。三台水电厂的渠道由于洪水淹入，淤积严重，所以预防携带大量泥砂的洪水进入渠道是很重要的。

以預防攜帶大量泥砂的洪水進入渠道是很重要的。

引水渠道有的是土渠，有的是石渠，都未加襯砌。未加襯砌的土渠容易長草，中江水电厂的土渠每年都要花很大的力量除草，是否应加襯砌（可加三合土襯砌）应通过經濟比較來确定（电厂設備容量过大，渠道經常流速在 0.7 秒公尺以下，可能也是易長草的原因之一）。石砌渠道有时易長苔蘚与堆積貝殼，每年都須清除一次。万縣电厂就是一例。还有高水头引水式电厂的渠道，由于渠綫边坡太陡，常發生坍方事件，这是很危險的。

三、厂房結構及其布置

厂房结构分水陆部分与水下部分，上部结构一般采用砖石结构，有些小电厂全部用木结构。水下部分大多用条石砌筑，少数是用混凝土建筑的。厂房基础一般为砂壤土，大都打有木桩，其中崇庆县元通水电厂的基址吸取了群众造房子的经验，采用木条基础，节省了石料，它的基址平面及剖面见图7。木条的作用为防基址的冲刷及使压力分布均匀。基址土壤为砂与乱石。



图 7. 元通水电厂的木架基础

很多小电厂对于厂房形式很不讲究，缺乏正确与合理的布

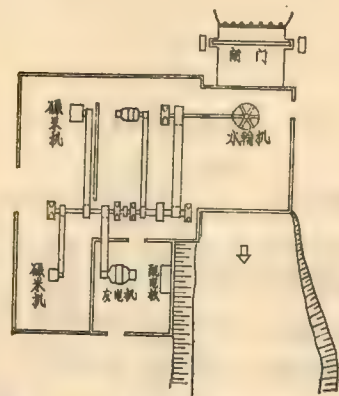


图 8. 崇寧水电廠廠房佈置

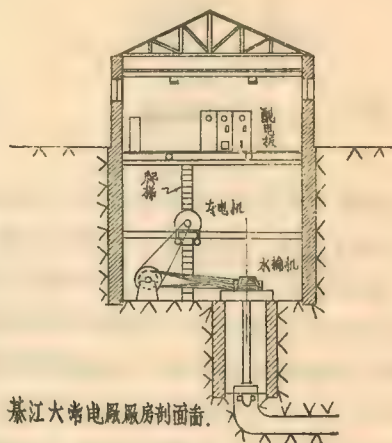


图 9. 慕江大常电厥厥房剖面图

置，这与利用旧建筑材料有关，但也应尽量造得整齐些。

很多小电厂对于厂房内的布置不很注意，使得运转不便。圖 8 为崇寧水电厂的厂房布置，人从发电机走到水轮机必須跨过傳动軸，非常不便而且危險；同时調節流量的閘門又裝在厂房外面，調節流量时根本看不到配电板上的儀表，所以非要两个值班人員不可。圖 9 为綦江大常水电厂的厂房縱剖面圖，第一層为水轮机室，第二層为发电机室，第三層为配电盤室。人自第三層到第一層是通过一个釘在牆上的鉄馬爬梯，也是非常不便，而且危險。运转时，3 个人分在一、二、三層楼上，很不方便（現在 2 人运转），而且发电机層無楼板，只有几条放发电机的梁，人站在上面非常危險。这种借口省錢而不顧运转时工人安全的情况，亟应改善。还有很多厂房布置太挤，机器离牆壁的距离非常近，甚至人也走不过去。我們認為小电厂厂房造价不貴，应在保証运转安全的条件下省錢。此外，有的碾米加工与发电相結合的小型电厂，最好加工間与发电間隔开，以免灰塵損害发电机与配电板。

單機組水電廠廠房內的布置以溫江電廠與中江電廠較好，它的特点是：一個運轉人員能照顧全面（溫江電廠廠房結構不很規則，用閘門調速，閘門在廠房內；中江電廠有二個機組，有自動調速儀，現僅就其一個機組而言的廠房布置）。如圖 10 及圖 11。

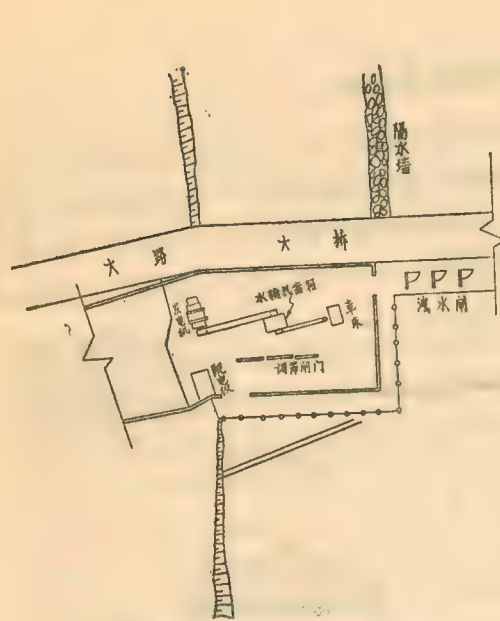


图 10. 温江电厂厂房布置.

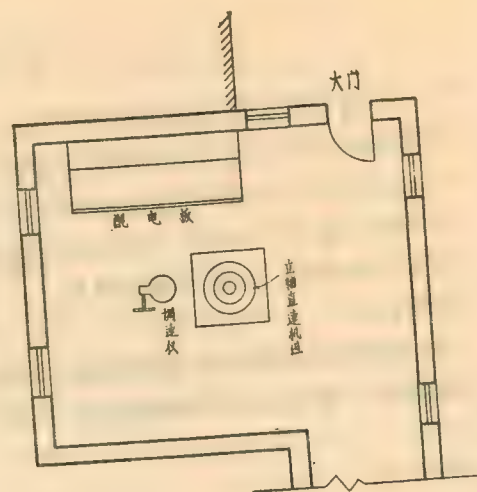


图 11. 中江电厂厂房布置.

小型水电厂厂房布置与地形、机组数目、传动设备都有密切关系，例如圖 9 的綦江大常电厂系立帖式厂房，水轮机与发电机不得不分層安放，但若將交叉皮帶改为三角皮帶传动，机组距离可以縮小，一層也可以了。但安裝 3 台机器（原設計系考慮安 2 台机器，現只安 1 台）則又不得不分層發展。圖 12 为三台水电厂的厂房布置，厂房內共 3 个机组，中間机组用三角皮帶传动，其它 2 机组用半交叉的平皮帶传动，可見三角皮帶传动所占面積比半交叉皮帶要小，厂房布置也較緊湊，尤其三台水电厂的厂房地基系自岩石中开挖出來，更应使厂房尽量減小，以節約开石方。現該厂正准备將其它 2 机组也改用三角皮帶传动。

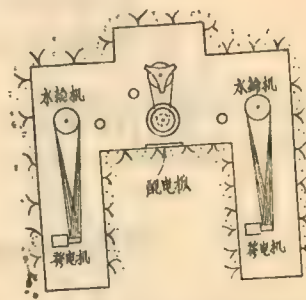


图 12. 三台水电厂厂房布置.

四、水力机械設備

現分別以水轮机軸承、潤滑冷却系統、传动設備、水轮机室与尾水管等部分叙述如下：

(甲) 水轮机軸承及其潤滑冷却系統：水轮机型式有木質旋槳式水轮机、木質法蘭西斯水轮机、鉄制旋槳式水轮机、鉄制法蘭西斯水轮机（立式与臥式）及鉄制卡普蘭式（活动輪叶的旋槳式）水轮机，这些水轮机大部分是解放前的重慶上海机器厂（今重慶柴油机厂）和成都几家机械厂与鉄工厂制造的。木質水轮机则为当地制造。由于我國目前水轮机制造技術水平低，水轮机效率一般不高，大的鉄制水轮机的效率在 50~70% 左右，木制水轮机只有 20~30%。这些电厂大部分是發电机容量大于水轮机容量，同时有的电厂冬季枯水期或灌溉季節頗感流量不足，所以提高这些电厂的水輪

机效率是一个重要問題。

木質水轮机效率低的原因：

(1) 輪叶叶片加工粗糙，当水通过叶片間的空隙时，水头損失增大。

(2) 沒有按照水头流量选择合適的水轮机，因而轉速低，传动齒輪笨重，能量損失增加。如崇慶縣元通电厂水头为 3.0 公尺，流量 3.5 秒公方，出力僅 13 瓩（充分利用后应为 75 瓩），采用木制法蘭西斯式水轮机的結果，直徑达 1.5 公尺，传动齒輪直徑达 1.4 公尺，非常笨重，同时它的主軸的一部分为木制，下部衛軸承系利用四根木头夾住中間木軸，摩擦面很大，能量損失当然也大，估計效率僅 20%（見圖 13）。

(3) 制造水轮机时，由于沒有試驗，所以叶片角度与曲度不適合，也是造成效率低的主要原因。大邑縣大邑中学附屬电厂的水轮机也是木制法蘭西斯式，传动輪也

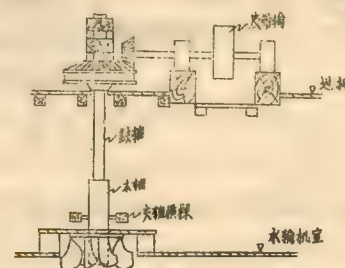


图 13 崇慶元通分廠水轮机裝置圖.

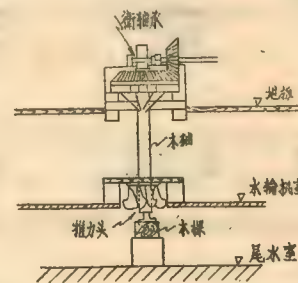


图 14. 安仁大邑中学附屬水电水轮机裝置圖.

是木制，可是它的效率在 40% 左右，这可能是由于在水头 1.5 公尺、流量 0.8 秒公方的条件下，法蘭西斯式水轮机运转效率平穩，而且它的叶片的曲度与角度也比較合適所致。見圖 14。

由于四川省某些小电厂的木制水轮机的效率低，有些人就看不起木質水轮机，这是不正确的。由大邑中学附屬电厂的水轮机情况來看，效率不見得特別低，尤其今后可以按照苏联木質旋槳式水轮机的制造方法来制造，效率可以达 70%，而木質水轮机的优点在于構造簡單，可以就地制造，節省金屬，造价低廉，適合于目前我國农村的经济情况，应大力推廣。

目前鉄制水轮机效率也不高，因为一般鉄工厂或机械工厂缺乏水轮机制造的技术資料，所制造的水轮机不一定適合于將來的运转条件，同时制造技術低，造成运转中的不良現象。如崇寧、新津、新繁等电厂由于水轮机叶片輕重不一，运转不穩定，軸承受到损坏，每年付出很多修理費。

很多电厂为提高出力、改善效率，做了一些工作，例如增加導叶高度（有的取去几片導叶），以增大过水能力；加大或加長叶片，以減少轉輪与尾水管頸壁的間隙；有的电厂將轉子稍为提高些，增加了出力，这是由于运转期間轉子下沉，安裝位置变动所致；有的改進了传动裝置、軸承、尾水管等等。

水轮机的軸承一直是使很多小电厂头痛的問題，总结所調查的小电厂的軸承型式及其安裝位置，大致有下列几种：

1. 上部推力軸承处安放平面滾珠与徑向滾珠共二排，或僅放一排錐形圓錐，以承

受垂直方向与横向之力。下部接近水轮机盖板处，安放金属轴承如图 15 甲或木轴承如图 15 乙。这样形成 2 个支承点。

2. 同上，但在中间再加 1 轴承，共有 3 个支承点，在轴较长（如达 4 公尺）时采用。

3. 同 1，但在底部加 1 支承点，如图 16。

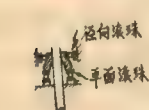


图 15. 甲



图 15. 乙



图 15. 丙

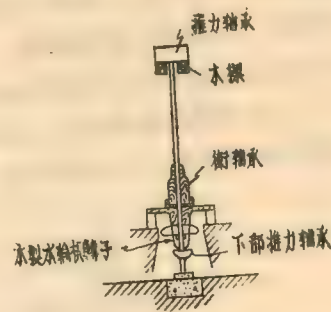


图 16.

4. 木質水輪機上部推力軸承處僅放 1 排平面彈子，下部只用木梁夾主軸作為衛軸承，如图 13。

5. 木質水輪機下部有 1 六角形的鉄（旧水碾都用此式作推力軸承），用一角支住木軸頂端，作為推力軸承，这样，6 只角輪換使用。上部用一排徑向滾珠作為衛軸承，如图 14。

6. 容量在 100 瓩以上的臥式法蘭西斯水輪機採用軸瓦，軸瓦材料為鉛合金，可以自己澆制，據使用者談，這種軸承適合於重量大、轉速慢的情況。

以上各種軸承形式，根據電廠運轉情況，我們得出以下幾點意見：

1. 上部推力軸承處最好放二排滾珠，一為平面滾珠，一為徑向滾珠（或採用錐形輓軸承如图 15 乙所示），如果沒有徑向滾珠，則當軸旋轉稍為不平穩時，平面滾珠很易磨損，並可能引起穩定平面滾珠的網座圈也磨損。新津水電廠由於滾珠磨損座圈，結果在運轉中彈子跳出。

2. 下部接近水輪機處的衛軸承採用如图 15 乙或 15 丙的形式較好，我們認為在某些情況下 15 丙比 15 乙更好。因為 15 甲為軸與金屬摩擦，當有泥砂進入時，軸極易磨壞，若為圖 15 乙，則當木頭磨損時，只要換一下就可以了，既方便又省錢，但當有泥沙進入時，軸也不免受損，因而在圖 15 甲與 15 乙的下部衛軸承處往往在軸外加 1 銅套，以防止軸磨損之用，這也是某些電廠所得的教訓。圖 15 丙是另一種方式的鉄銅套，好處為軸不會磨損，同時這個衛軸承又有一部分推力的作用。很多電廠採用這種方式，運轉情況良好。

3. 某些電廠曾採用過下部推力軸承（如图 16）與上部推力軸承並用的方式，並證明這種方式沒有引起較大的能量損失，因此在某些用木梁作為支座的場合下，為了減少木梁彎曲的變形，可以增設下部推力軸承，以分擔垂直方向的重量。但我們認為在一般情況下，下部推力軸承可以不要，因為它或多或少地增加了能量損失，同時增加

了設備。

軸承受到損壞的原因：1. 潤滑與冷卻不好，因而軸承滾珠或軸瓦極易磨損；2. 水輪機安裝不好，轉動不平穩，軸承受力不均，造成損壞；3. 傳動皮帶拉力作用點與軸承距離過大（懸臂過長），軸承容易損壞。以上各點，以潤滑與冷卻的影響最大。

小容量而且運轉時間不長（只有晚上用 6~7 小時）的電廠無潤滑與冷卻系統，只在運轉前檢查一下並加足油就可以了，因為這些電廠的水輪機轉速很慢，重量輕，運轉時間短，故發熱不大。但這類電廠往往沒有很好的防止漏油的軟墊，因此漏油嚴重，軸承極易損壞，油的損耗量很大。容量較大的電廠（100 瓩以上的）在油潤滑與冷卻方面較為注意，油潤滑與冷卻的方式有下列幾種：

1. 潤滑油潤滑軸承以後，用油管通過在水輪機室中的水冷卻，同時用油泵重新打到軸承中潤滑，形成一個完整的油循環系統，這種方式需要油管與油泵，而且油泵必須有備用的，遂寧水電廠採用了 2 台備用油泵。水輪機室（開敞式的）在這裡作為一個天然的冷卻器。

2. 潤滑油保持在軸承中，循環水通過油的外圍冷卻，這樣就需要水管與水泵，為減少水泵的馬力，不自水輪機室中打水，而另備一水桶存冷水，用過的热水則存在另一水桶中，待热水冷卻後，倒入冷水桶中再用，達縣電廠由於热水未經充分冷卻又來使用，軸承溫度仍舊很高，達攝氏 80° 左右。

3. 利用壓力水管中的壓力水來冷卻油，這是在高水頭電站中用的。

4. 不利用油泵，而用自動打油裝置使油循環。它的方法是通過軸承潤滑的油讓它沿軸流下，漏下的油由於離心力而撒入下部一個容器里，另外有一根斜油管使它的一端浸在這個容器的油里，另一端則伸到軸承上方，對准軸承，當軸轉動時，容器與它一起轉動，因此斜油管浸在容器里的一端與容器里的油產生了相對運動，油就由容器經過油管自動地落入上部的軸承中。這種方式很簡單，同時可以防止油的漏失（如图 17 所示）。

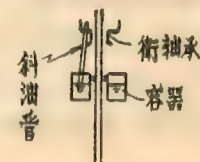


图 17. 自动打油装置示意图。

（乙）傳動設備：傳動設備有齒輪皮帶二次傳動、三角皮帶一次傳動、半交叉皮帶一次傳動、齒輪一次傳動與直接聯動等幾種，而以齒輪皮帶二次傳動為最多。現就各種傳動設備的工作情況敘述于下：

1. 齒輪皮帶二次傳動：水平的大齒輪一般都用木制的（苦蕒、槐樹、櫟子、桂花等木料來做齒），直角齒都用鉄齒，使木齒與鉄齒接觸，由於木齒有些彈性，接觸稍微不良，還不會發生打壞齒的現象，就是木齒壞了，只要換上一個就可以了，一般電廠一年要用 4 盤木齒。也有用二個都是鉄齒輪的電廠，運轉經驗是二個鉄齒輪也是可以的，主要是運轉必須平穩，當運轉不平穩時，鉄齒也很易損壞，而且換起來價錢較貴。當運轉平穩時，可以整年不換，但鉄齒最好有齒箱，以免鉄齒打碎時，運轉人員受到損傷。我們的意見是小電廠用木齒還是經濟的，可以推廣。例如換一個鉄齒要 10 多元，換一個木齒則只要 1 元，就是 1 年換 4 次木齒，也只用 4 元。齒輪皮帶二次傳動的缺點就是傳動效率低，而且容易出事故。

2. 半交叉皮帶傳動：半交叉皮帶傳動的主要缺点是当水輪机与发电机的相对位置安裝不好时，运转很不平稳，常常会发生滑带事故，皮帶很易损坏。至于傳动效率则比齒輪皮帶二次傳动为高。

3. 三角皮帶傳動：这是一种最好的傳动設備，运转平稳，水輪机与发电机間的距離可以縮短很多，比用交叉皮帶經濟（如图 12 所示），有的电厂为改用三角皮帶傳动，將臥式发电机改为立式。

4. 齒輪一次傳动：只有一个电厂用人字鉄齒联动立式水輪机与立式发电机，据说用人字鉄齒承受力量大些（容量为 162 瓩）。

由上可知，在立式水輪机与立式发电机間的傳动最好用三角皮帶，將臥式发电机改为立式发电机而采用三角皮帶傳动，对容量較大的电厂还是一个好办法。立式水輪机与臥式发电机間的傳动应该考虑采用半交叉皮帶，而事实上很多电厂是可以將齒輪皮帶二次傳动改为半交叉皮帶一次傳动，只有傳动比数很大的电厂如傳动比数达 1:10 及 1:30 的电厂是不可能的。

（丙）調速設備：調速設備有閘門調速、手动調速儀（調整導叶的角度）、帶有旋轉外罩的手动調速儀（導叶不动）及自动調速儀四种。用閘門作为調速設備的电厂都是只供晚上照明用电的，而且很多是包灯，負荷变化不大。但是这种办法是不好的，因为負荷变化时，閘門調節很不灵敏，以致电压跳动較大，用电質量不好。在这方面的必須把閘門做得灵活些。有压力水管的电厂利用压力水管進入水輪机前的滑动閘或蝴蝶閘來操作是比較輕便的，当然水力情况是不好的，尤其当用蝴蝶閘操作时，水力情况更坏。低水头电厂一般用平板木閘門，用螺絲杆啓閉操作，非常不便，有时就不能進行調節，只能使它保持一定开度。温江电厂采用手推旋轉关闭的木閘門，比較輕便些，它的水头为 1.5 公尺左右，閘門宽度为 1 公尺多一点（见图 18）。当閘門开到某一开度时，必須用繩子將把手拉住，以免水压力將門重新关上。

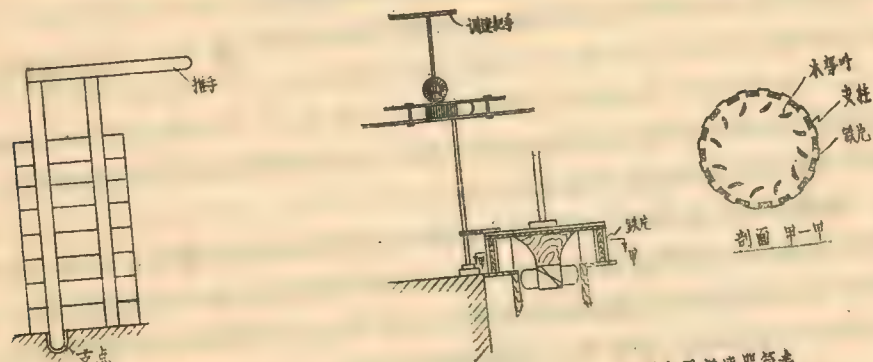


图 18. 温江电厂閘門。

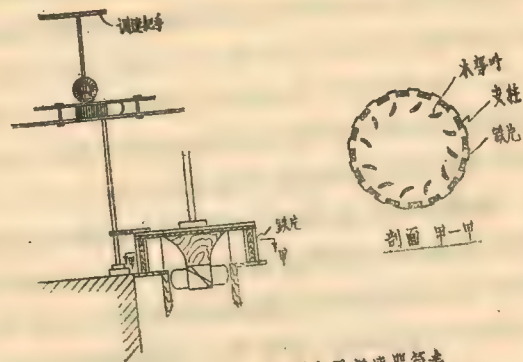


图 19 郫县电厂調速器簡圖。

帶有旋轉外罩的自动調速儀只有郫县水电厂采用，如图 19。在固定導叶外面有一圈鉄片做的門，鉄片系固定于上下 2 个鉄环上，利用齒輪傳动，使上鉄环旋轉，則鉄片門也跟着移动，進水閘門也隨着發生变化。

自动調速儀（調整導叶开度）都在具有鉄導叶的鉄制水輪机上应用，只有一个电

厂有自动調速儀不好使用，經過电厂工人反复試驗改造以后，工作情况良好。

（丁）水輪机室与尾水管：水輪机室与尾水管的好坏对于机组效率的影响很大，一般电厂的改進不多。这些电厂多半是用开敞式水輪机室与直立圓錐形尾水管（只有高水头电厂的臥式水輪机才用蝸壳水輪机室与弯曲尾管）。

开敞式水輪机室一般为矩形，为了使水流情况好些，有的是多角形的，如图 21 所示。水輪机室后面用擋板擋住，再進一步地做成开敞式蝸壳形，如图 20 所示。

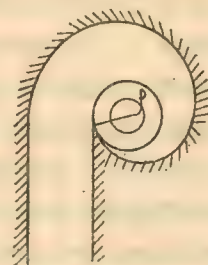


图 20. 开敞式蝸室

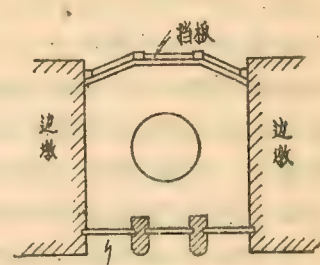


图 21. 水輪机室

顯然，后者比前者效率为好，如做成如图 22 的室底有斜坡的开敞式蝸室，則效率更高，事实上为减少开敞式蝸室的尺寸，不必如图 20 做成封閉式的，而包围角 φ 可采用 $250^\circ-270^\circ$ 。

开敞式水輪机室应有一定的宽度与長度，一般应该等于 $(3 \sim 4) D_1$ (D_1 为轉輪直徑)，同时在水輪机盖板上的水深 h' (如图 22 所示)，按規定应为 $(0.9 \sim 1.0) D_1$ ，但这些数字，某些电厂都用得太小，如崇寧水电厂水头 1.8 公尺，流量为 3~4 秒公方，容量为 4 瓩，水輪机直徑为 1.6 公尺，水輪室应有 5 公尺左右寬，而实际上只有 3 公尺左右寬。同样水輪机盖板以上水深应有 1.5 公尺左右，实际上僅有 0.5 公尺左右。因为水深不够，往往進入空气，降低效率。

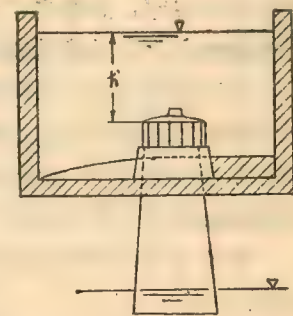


图 22. 室底有斜坡的开敞式蝸室

尾水管不合規格的也很多，有的尾水管無擴散角度。有的尾水管很短，而尾水管出口离尾水室底过矮。如崇寧电厂尾水管只有 0.6 公尺長（水輪机轉輪的高度也为 0.6 公尺），尾水管出口离底只有 0.45 公尺（按理这个距离不得小于水輪机轉輪直徑，最好 $= 1.5 D_1$ ）。

有的电厂沒有尾水管，但它的出力大于負荷所要求的，所以沒有尾水管也無問題。但效率很低，如今后負荷要求增長时，則必須加裝尾水管。

最后，个别电厂存在着水輪机的空蝕問題（高水头电厂），空蝕現象一般發生在半負荷或較大的时候。若按吸出高來計算，是不应發生空蝕的，这主要是水輪机制造上的問題。如大竹水电厂原來用一个 1,000 轉/分的旋槳式水輪机，空蝕現象很嚴重，后来換了一个 1,500 轉/分的旋槳式水輪机，空蝕現象反而沒有了（照理轉速愈高，空蝕应愈嚴重）。

五、發電廠的电气設備

我們所調查的各个电厂，容量在 50 瓩以下的，一般設備很簡陋，都是在就地取材

的原则下装备起来的。因此有设备缺少与不合规格的问题存在。发电机大多是三相交流流敞露卧式，只有中江与万县电厂各1台是立式的。发电机的出线电压大多是380/220伏，电机容量如万县、雅安、遂宁、中江、白沙等厂自100~350千伏安，其余都在100千伏安以下，而20~30千伏安的占多数。励磁机是与发电机的轴连在一起的，这种发电机有的是旧货，有的是由直流机改装的，就是将直流机转子的绕组接到所改装的4个滑环上（成星形联接），而励磁电流仍由原有的整流子供给。由于电机是利用旧货与国库中调拨的物资，价格便宜，可使电厂设备的投资大大减少。目前在前各地方还存有发电机与变压器等的国库物资，因此在设厂前最好先了解国库的电机设备，如适合的应尽量采用。在设计时，因为对水能与用电要求估计得不准确与利用旧有设备不恰当，使电机的利用率很低。如中江水电厂有2台电机，其中1台75千伏安的发电机终年停止运转，新民水电厂的25千伏安的电机只供给2.3瓩的照明。大邑县立中学水电厂1台25千伏安的电机只为5瓩的中学照明发电。这个经验告诉我们，水文资料的掌握与用电要求的调查是建厂前的一项重要工作。

发电厂的保护设备，一般都很差，许多小电厂没有避雷器，就是有的话，也不过是三个20公分的间隙，实际上这样的间隙对低压线根本起不了保护作用，变成了一种形式。雅安、万县、三台、白沙、遂宁、金堂诸电厂在送电端装了一套阀型避雷器。由于避雷器缺乏定期检查与接地不良，雷击现象依然存在。如雅安一厂发电机一相绝缘曾遭雷击穿，金堂电厂于1954年遭雷击穿一相（原因是接地不良，导线直接接地未用接地体）。防雷设备应做到每年雷电季节前的定期检查并认为合乎标准的才可用。为了节约投资，我们认为容量不大的小型水电站可以用拉闸的方法来防雷，不过用这种拉闸的防雷法，运转人员对天气的变化要很好的掌握，当乌云密布不久就要打雷时，应立刻拉闸，如稍疏忽，电厂就易遭电击。如郫县电厂在1953年7月突然一个雷落在线路上，致使电机一相绕组击毁。

许多小电厂的接线没有一定的标准，这与设备和技术的关系。接线情况大致可分为二类：

（1）正规的。这类接线经过设计，基本上是合理的，如万县、雅安、遂宁等较大的电厂；

（2）缺少必要的仪表并有些原则性错误的。因为电厂经费少，领导不重视，请

电气工人来运行，时常改变接线。如图23，从发电机出来，应该依次接电流表、电压表、开关，然后接熔断器，这样电压表所测的发电机电压不受开关拉断的影响。熔断体断后，可拉开刀再行换接，单只电压表应装电压换接开关以测三相电压。在接电压表的线上应装

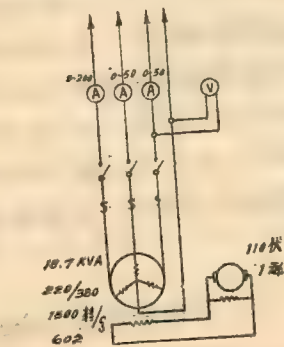


图23. 新洋电原主接线图。



图24. 重庆西门电原主接线图。

保险丝。励磁机至少应装一个电压表，这些设备花钱不多。这种问题在各小电厂里是或多或少存在着的，有些电厂从发电机出来后除开关外什么也没有。有些电厂仪表很少，而且不能用，如图24，这样就得不到负荷记录，因此对生产计划、扩大用户、保证用电质量就无法进行。因为没有保险设备，在外界线路发生短路时，电机的安全也没有保证。

配电设备分二类：

（1）成套配电设备：仪表及控制设备与配电板在制造厂内已装好成套，搬到发电厂装起就可用。由于成套配电板的设备齐全，制造讲究，且须付一定的运输费，故价格较贵，所以只有较大的电厂如万县、雅安、白沙、遂宁等厂采用。配电板分铁板、大理石板与木板三种。图25为木板的装配图，这种配电板设备简单，较有标准，价钱低廉，在100瓩以下的小型水电厂可以广泛采用。

（2）利用旧货就地装配：小电厂的配电装置大多用陈旧的开关、仪表装上木板而成，所以木板因仪表与开关的数量与尺寸而各有大小，木板厚度自1~4公分。安装形式有屏形（如图26）、柜形（如图27）、壁形（如图28）等。

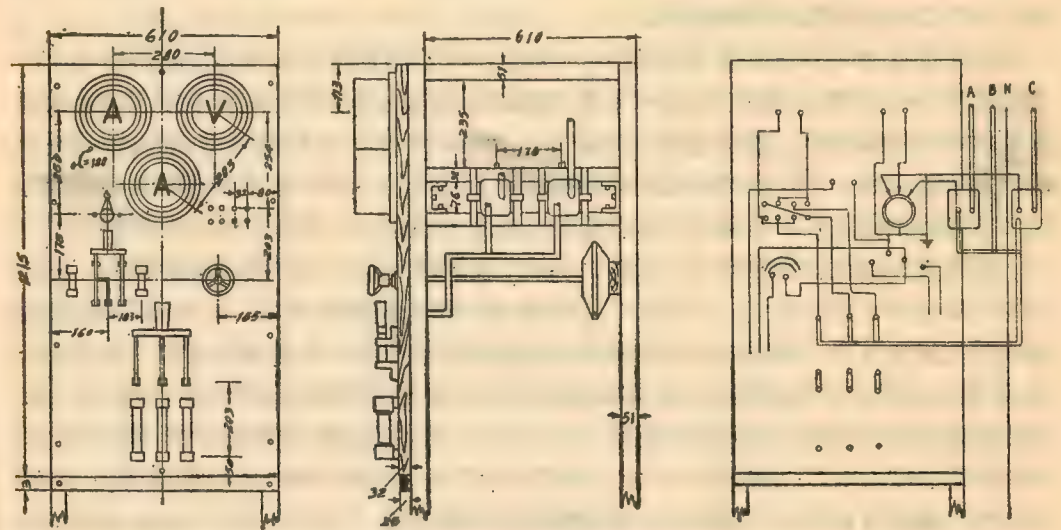


图25 三台电厂配电设备装置图

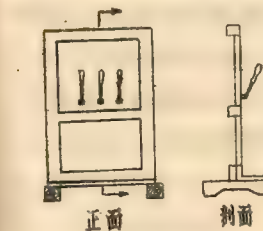


图26. 重庆电原配电板

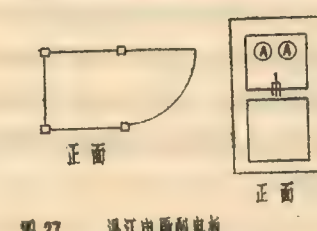


图27. 温江电原配电板

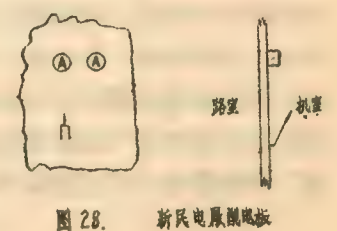


图28. 新民电原配电板

这些配电板的接线都很杂乱，对检查事故很不方便。

自动装置在小电厂中很少采用，只有遂宁电厂采用了一些，如振动式电压调整器、危险指示灯等（如图29），这些设备都是自制的，花钱少，效果好。该电厂自改

進設備后，每班運轉人員從6人減少到2人，而且運轉情況比以前好。這種簡單的自動化設備應該推廣。

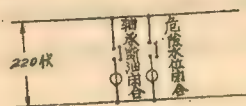


圖29. 遼寧電廠簡單指示裝置。

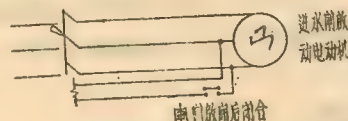


圖30. 遼寧電廠電力帶動絞車。

六、輸配電線路

萬縣電廠輸電電壓採用3.5千伏，輸送功率為450瓩，距離為20公里，其他各電廠的高壓有6.6千伏的，還有3.3千伏和2.3千伏的，這種電壓的送電容量一般為150瓩以下，距離為10公里以內，電壓損失約15%左右。3.3千伏與2.3千伏為非標準電壓，採用這種電壓的都是建立很久的電廠。升壓變壓器除個別電站放在室外，其餘都放在室內，但降壓變壓器却都放在H形杆架上。以三相輸送，導線大多為7/12[#]與7/14[#]二種木橫担三角形布置。

低壓都為380/220伏的三相四線制，許多小電廠將這種低壓用作短距離輸電，大多距離為2~3公里，容量為20~30瓩，因此用戶端的電壓損失達到30%左右，大多數電廠的電壓都不足，甚至有相壓低到160伏的。再加上30%的電壓損失，則在用戶端的電壓更不足，電燈的光亮暗到像油燈一樣。有些電廠的領導對這點的重視是不夠的，只強調沒錢，實際上增加升降壓設備可減少這些損失，在經濟上是有價值的。

我們認為這種小電站可用“二線——地”制來輸電，這是蘇聯的先進經驗，在蘇聯的小型電站已廣泛採用。主要是它能節約40~45%的輸電投資。而且高壓導線應以採用鐵線為原則，鐵導線的導電率雖比銅導線小約6倍，但高壓的電流一般是很小的，鐵線足能勝任；而價格上鐵線要比銅線節省；國家又易供應，鐵導線“二線——地”制的投資相當於銅線三線制的投資的10~20%。低壓線也以用鐵線為好。輸配電線路的投資一般占電廠總投資的40%（銅線三相三線與三相四線），如以鐵線“二線——地”制輸電投資小，有利於小電站的輸電問題。用“二線——地”制的主要技術條件是接地電阻應符合設計要求。如輸電線路近旁有通信線時，須進行高壓線對電信影響的校核計算，鐵導線“二線——地”制在吉林敦化水電廠和河北房山水電廠已安裝成功，運用良好。各小電廠應採用這種輸電制度。四川有些小電廠想用“二線——地”制，但由於缺乏資料及對這種制度抱懷疑、保守態度，所以沒有採用。四川工業廳所召開的小型水電廠的專業會議上，有人在發言中完全否認對電廠所提出的“二線——地”制的輸電方式，這是不正確的。

七、經營管理

(1) 經營方式：這些電廠除2個地方合營（私股很少）者外，一般都是地方國營、省屬國營（省屬國營的有二個），地方國營電廠都由縣財委、工商科或縣工業企業公司擔任行政領導，由省工業廳擔任技術領導，同時對某些技術問題以大廠帶小廠

的方法來解決。

這些電廠大都是公家投資或是私人投資建造的。今後隨著農業合作化運動的發展，只有貫徹民辦公助的方針，才能運用羣眾的資金、降低造價、減少專職運轉人員、降低運轉費用，發揮羣眾對電廠的監督，使電廠更好地為羣眾服務。目前地方國營電廠存在的缺點是：供電質量低、營利觀點較重、運轉費用較大。例如有的電廠在供不應求時，燈光暗淡，而收費照常，有的電廠電價大於成本3、4倍，有的電廠專職運轉人員過多。如由羣眾自辦與羣眾管理，這些缺點是容易消除的。

(2) 電廠人員：電廠人員（包括直接與間接運轉人員）數目主要是與電廠容量、電廠布置與設備、機組數目、運轉制度及是否有加工、是否有火電廠等條件有關。一般說來，電廠人員有過多現象。例如雅安水電廠直接生產人員有38人（300瓩單機組），其中廠內運轉17人，廠外線路13人，水泵班及修理8人，每天運轉24小時，3班制，每班運轉人員4人。遼寧水電廠用人較合理（162瓩單機組），直接運轉人員為7人，三班制，每班2人，其他1人領導生產並作為輪流休息的替換。這是由於他們注意降低運轉費用、努力改進廠房布置與機械設備的結果。大邑新民水電廠容量為11瓩，目前出力僅2.3瓩（結合加工，每年加工時間不長），電廠工作人員共6人，其中廠長1人，我們認為還過多。溫江電廠舒家渡分廠電廠容量7~8瓩，運轉人員只有1人，兩個電廠都是晚上照明用電，一班制。而後者用人少的原因，除了無碾米加工外，主要是減少了外線工人與廠長（廠長兼總務）。事實上只有晚上運轉的電廠，運轉人員白天可以進行收費、檢查等工作。還有的電廠機組數目過多，有的電廠布置不合理等也增加了運轉人員，如三台電廠與崇寧電廠都是這樣。我們認為小電廠應盡量採用單機組，不但可以降低造價，也可以降低運轉費用。這裡最大的單機組容量為300瓩與162瓩，運轉情況良好。

總之，電廠人員應盡量減少，與加工結合的電廠在加工上應盡量用臨時工，有水電又有火電的電廠，則水電與火電的總人數應互相配合而減到最少（如溫江電廠有3個水電廠與2台煤氣機，並且1個水電廠有加工，電廠的總容量為82瓩左右，總人數為15人，這是比較經濟的）。

(3) 電能指標與電價：各電廠的電能指標與電價相差很大，如下頁表所示（表中數字有的不很準確，因為很多電廠是解放前造的，它的造價是折算的。運轉費用則有的與加工、火電合併，不能很清楚地算出水電的運轉費究為多少）。

由下頁表可知在水電廠的運轉費中一般以工資所占成分為最大，其次為折舊與修理費用，工資約占30~40%，折舊占30%，修理費用占20%，辦公費及其它占20%以下。有的電廠年修理費較大，如崇寧、崇慶、三台、新津等電廠，有的是由於水輪機製造安裝不好，每年要大修，有的是臨時建築物較多，每年要整理，若運轉人員少，年修理費用省，則成本就可降低（折舊費與造價有關）。

電廠成本與電價相差很大，有到達6倍的。

在每裝機瓩的投資費用上也可看出，有的電廠很便宜，如崇慶縣元通電廠只有272元，有的很貴，如中江水電廠達2,300元，一般容量較大的有高壓輸電線路的引水式電廠屬於此類。崇慶縣二個電廠造價便宜的原因，是利用了舊有的物資（旧料、

| 电 厂 名 称 | 容 量 | | 水电站的建造费用(元) | | | | | 水电站的年运转费用(元/年) | | | | | | | | | | 成本 (元/度) | 实售电价 (元/度) | 每瓩机值 (元/瓩) |
|---------------|-------|-------------|--------------|-------|-------|------------|-------|----------------|--------|-------|-------|---------|---------|-------|-------|--|--|-------------|---------------|---------------|
| | (瓩) | 年发电量 (度) | 土木建筑机电设备输电线路 | | | 总投资 (元) | 人员工资 | 办公费 | 修理费 | 折旧费 | 其它 | 运转费 | | | | | | | | |
| | | | 占总投资% | 占总投资% | 占总投资% | | | | | | | | | | | | | | | |
| 新民水电厂 | 11.0 | 3,000 | 33% | 53% | 14% | 7,500 | 74% | 8.45% | 3.5% | 10.5% | 3.5% | 2,840元 | 0.9500 | 0.70 | 680 | | | | | |
| 新津水电厂 | 19.8 | 17,300 | 34% | 34.3% | 31.7% | 31,191 | 31.9% | | 26.52% | 33% | 12.5% | 4,000元 | 0.2300 | 0.53 | 1,580 | | | | | |
| 东溪水电厂 | 16.0 | 23,000 | 16% | 64.5% | 19.5% | 14,373 | 46.8% | 7.5% | 5.5% | 27.6% | 12.7% | 3,693元 | 0.1876 | 0.40 | 900 | | | | | |
| 温江水电厂 南关分厂 | 26.38 | 23,599 | 35.0% | 53.0% | 12.0% | 10,380 | 20.2% | 1.8% | 1.3% | 60% | 5% | 2,008元 | 0.0850 | 0.50 | 400 | | | | | |
| 崇寧水电厂 | 21.0 | 25,500 | 18.0% | 50.0% | 32.0% | 36,233 | 28.7% | 5.2% | 50.6% | 14.5% | 1% | 9,886元 | 0.3800 | 0.37 | 1,000 | | | | | |
| 金堂水电厂 | 45.0 | 105,541 | 20.0% | 25.0% | 55.0% | 44,858 | 45% | 0.8% | 9.3% | 31% | 9.6% | 8,076元 | 0.08 | 0.375 | 1,250 | | | | | |
| 龚江水电厂 | 50.0 | 69,000 | 54.3% | 22.3% | 23.4% | 63,006 | 27.1% | 10% | 8.15% | 27.5% | 27.2% | 9,561元 | 0.1591 | 0.333 | 470 | | | | | |
| 崇慶西門电厂 | 60 | 40,000 | 28.6% | 24.8% | 28.6% | 28,000 | 29.4% | 0.68% | 30.2% | 17% | 22.6% | 5,296元 | 0.110 | 0.333 | 272 | | | | | |
| 崇慶元通电厂 | 18 | 27,600 | 22.5% | 57.0% | 20.5% | 4,900 | | | | | | | 0.08987 | 0.20 | 1,100 | | | | | |
| 大竹新通电厂 | 74 | 166,000 | 24.6% | 41.0% | 34.4% | 81,585 | 45.0% | 1.42% | 13.5% | 34.3% | 5.78% | 10,148元 | 0.203 | 0.30 | 2,300 | | | | | |
| 中江水电厂 | 142 | 144,483 | 60.0% | 30.0% | 10.0% | 325,939 | 28% | 1.5% | 14% | 48% | 8.5% | 23,800元 | 0.07 | 0.18 | 2,130 | | | | | |
| 遂寧水电厂 | 162 | 677,280 | 31.5% | 44.0% | 24.5% | 344,422 | 21.4% | 0.6% | 7.5% | 33% | 37.5% | 40,011元 | 0.04195 | 0.14 | 1,600 | | | | | |
| 雅安水电厂 | 300 | 1,430,000 | 40.0% | 25.5% | 34.5% | 480,290 | 43.4% | 2.0% | 12.6% | 38.3% | 3.66% | 60,000元 | 0.119 | 0.44 | 1,180 | | | | | |
| 郫縣水电厂 | 26.4 | 54,000 | 9.3% | 64.5% | 26.2% | 31,146 | 45% | 6.6% | 4.15% | 38% | 6.25% | 6,048元 | 0.0898 | 0.26 | 1,800 | | | | | |
| 三台水电厂 | 120 | 130,820 | 55% | 21.5% | 23.5% | 217,050 | 29.3% | 1.86% | 27.9% | 29.5% | 11.5% | 32,536元 | | | | | | | | |

旧机器)、自制木質水輪机及就地取材(利用河中沙石筑堤、自制人造石等)。同时也沒有高压輸电綫路。

总之,电厂应为用户服务,只有努力降低成本才有發展前途,但有的地方認為电量供不应求,电价可以高些,这是十足的营利观点,同时电厂不努力降低成本,使廣大人民对用电不感兴趣,对水电站發展的影响很坏,急应糾正。要降低成本,必須:

1. 尽量就地取材,降低电厂造价;
2. 提高設備利用率,包括擴大用户与增加白天用电;
3. 减少运转人員的开支与修理費用;
4. 减少电能损失,目前有些电厂輸电距离大于1公里,仍用低压輸电,电能损失嚴重,应改用高压輸电;
5. 适当降低电价,可以擴大用户;
6. 提高电厂机組效率,如改善傳动設備、尾水管及水輪机等,以增加發电量。

(4) 运转記錄与制度: 小型水电厂的运转記錄与制度一般不健全,一般电厂在运转时,电气值班工人每隔1小时抄錄电表上的讀数一次。大多数負荷的記錄是記电压和电流的,然后經過記錄,才得出負荷的千瓦数,个别的用功率表,很少用瓦时計記錄。軸承的温度也是每隔1小时記錄一次,但記錄的电厂不多。有的电厂根本沒有运转記錄,这些电厂大多数只为照明服务,都是包灯,运转時間只有一班制,从下午7~12时。只有少数的較大电厂才是三班制。

在建立制度与規程上,遂寧电厂做得較好,他們实行了值班巡迴定期檢查制、定期設備檢查檢修制、事故处理規程、發電車間的个人崗位負責制与檢查彙报表等制度。自实行这种檢查制度后,职工增强了責任感,領導上也掌握了設備情况,事故次数大为减少,尤其减少了隱形事故,并提高了工人的技術水平。我們認為这种檢查制在各电厂都应迅速建立起來。現介紹几种檢查制度如下:

1. 巡迴檢查——巡迴檢查是值班工人在运转時間內進行的,两个值班工人互相監督,輪流檢查。依設備的重要性对設備的檢查時間分为:

随时檢查和注意的,如在水輪机方面的牙齒箱、小主軸、調速器皮帶等,在發電机方面的交流电机、直流电机、电压表等;

30分鐘檢查并結合抄数的,如牙箱温度、水位指示器、交流电机温度等;

隔一小时檢查的,如迴油布司、机油泵等;

2. 交接班檢查是在运转人員換班时,交班工人与接班工人進行檢查,并将情况填入表中。

3. 設備定期檢查是在設備專責人領導下進行的,檢查時間是每星期一次(星期日),檢查結果填表上报。

当然,制度与規程尚不限于此,各电厂应根据本身情况,訂出各种制度与規程,以加强技術檢查。

九、房山縣高庄水电站兩击式水輪机的安裝

水利部北京勘测設計院水电組

河北省房山縣高庄小型水电站兩击式水輪机的進水方向是水平的，它所以采用水平方向進水，是与地形有关的。在其他地方就不一定采用水平進水。我們認為高庄水电站的安裝步驟及方法是比較合理的。

一、兩击式水輪机的主要構件

1、轉动部分

1.轉子：叶片的曲面是2个圆弧組成的，叶片由鋼板制成，二端的擋水板由鑄鐵制成。采用“預鑄”的方法將叶片固定在擋水板上(在澆鑄擋水板时就將叶片插入)。主軸不通过轉子中心，把主軸用螺絲固定在擋水板上。

2.軸承：單滾珠軸承系內圓而有斜度的。滾珠軸承通过軸套与軸固定，軸套外圓也有斜度，与滾珠軸承內圓配合起來用以調節配合松紧程度。軸套外圓一端有螺絲紋，配上一压紧帽，这个帽主要是使滾珠軸承、軸套和軸三者固定成一個整体。另有1鎖片用以防止压紧帽發生松动。

滾珠軸承放入軸承座里，軸承座、斜板(調節軸的高程)和軸承架三者用螺絲固定。軸承座和斜板上的固定螺絲孔是長圓形的，这是为了使能移动位置，在調正高程和位置时，可用軸承架二端的螺絲調節。軸承架本身有4个地脚螺絲与地板固定。

黄油加入軸承座里，因未設油杯，加油时須將軸承座盖揭开。

3.傳动設備：水輪机每分鐘180轉，發電机每分鐘1,000轉，用一次傳动比速太大，所以选用二次傳动。

第一次傳动的三角皮帶長度用压紧輪來調節，第二次变速的三角皮帶長度用移动發電机的位置來調節(在發電机下面有一軌道，只要調節軌道上的螺絲，就可以移动發電机的位置)。

II、輸水部分

1.木管截面是圓的，噴嘴截面是長方形的，因而兩者中間需用1節漸變管。但因

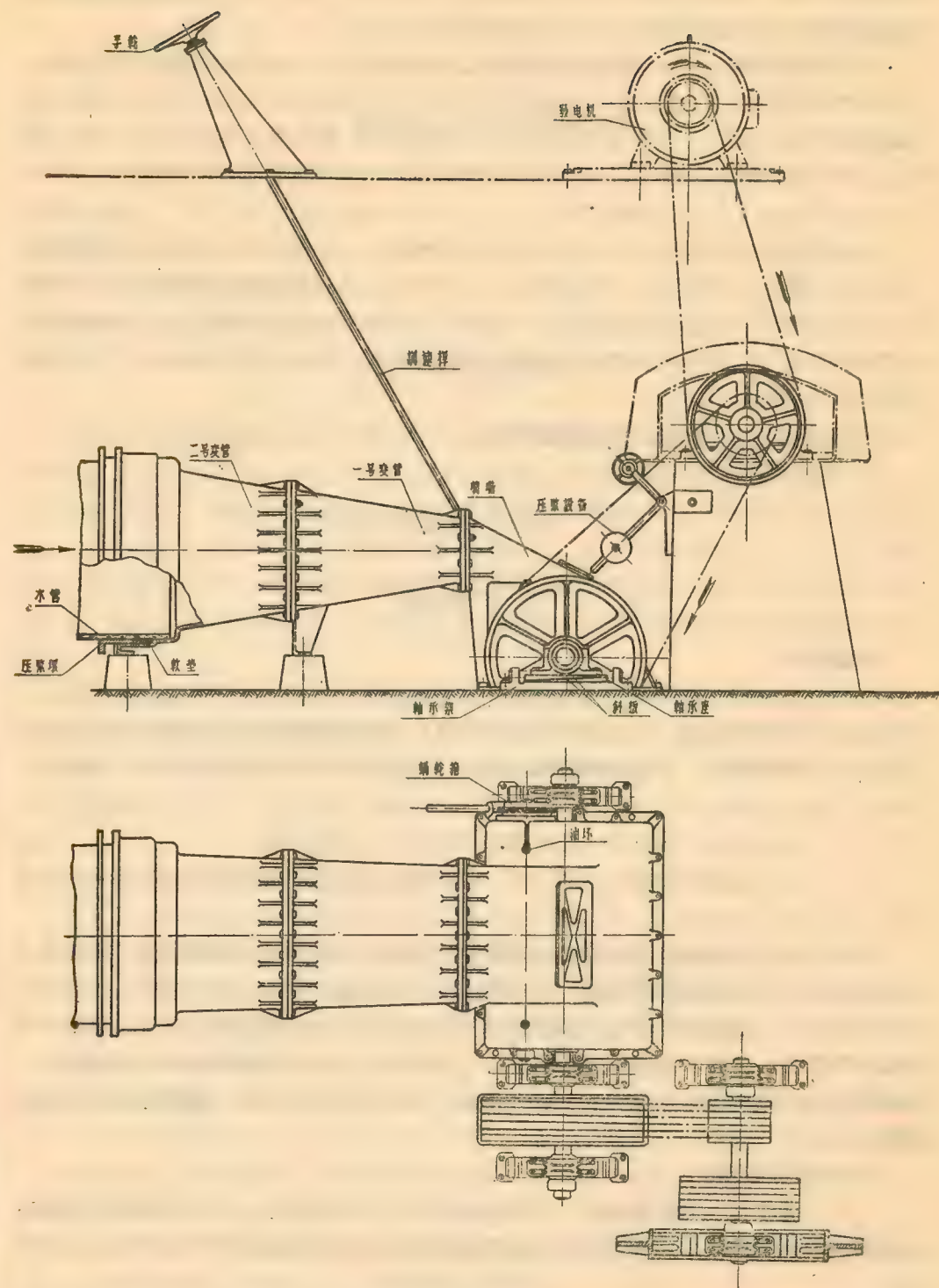


圖1 房山縣高庄水电站兩击式水輪机布置圖

在二号渐变管接木管一端的内外径要比其他部分大些(約大于木管厚度的1/2),以便使木管能伸进二号渐变管,做成嚴密的接头。同端的外口上要更大些(約再大于压紧环厚度的2倍),以便当木管插入二号渐变管后,能在那个空隙里放入軟垫(盤根),再用压紧环压紧軟垫。压紧环与二号渐变管一端的法蘭盤用螺絲固定,以防止漏水。

噴嘴正面有 1 個人孔，用以檢查轉子。

I、厂内试装

試裝目的：

(1) 檢查各个零件的配合情况和机器制造的質量。但由于目前的条件很差，不可能在出厂前作試運轉，所以檢查机器的質量只能看各零件的配合情况及其灵活性。

(2) 使安裝工人了解和熟悉机器的每一部件在整体中的作用和位置，做到心中有底。

同时，因为目前对小型水輪机的安裝缺乏經驗，通过試裝來培养技工，以提高小型水輪机的安裝技術及制訂安裝方法和步驟是有必要的。例如这次安裝中，噴嘴的位置已調整好了，螺絲也旋紧了，但發現轉子不能动了。大家都想不出是什么毛病，后經老师傅提出：因轉子及噴嘴壁間只有2公厘的間隙，轉子与噴嘴壁一定是卡死了。这种情况在厂里試裝时也發生过，后經檢查，果然是这样。因此，我們必須充分重視試裝工作。

廠內試裝的步驟：
(1) 噴嘴與一號漸變管接，一號漸變管與二號漸變管接，二號漸變管與壓緊環接，都無問題時拆下。以上三項工作主要是檢查這三部分法蘭盤的垂直度和螺絲的位置。

• 110 •

(3) 做1个木架子，尺寸与实物相同。放上轴承、转子和喷嘴，试着调节喷嘴与转子间的间隙。同时也可以检查喷嘴与其他零件间的相互距离。

1. 安裝工具：(1) 水平尺；(2) 活動扳手；(3) 各種厚度的墊片；(4) 起重用的繩；(5) 搭三角架用的木杆；(6) 2 噸起重鉤；(7) 其他手工工具，如老虎鉗、鐵銼、手錘和鑿子等。

三、預埋地脚螺絲

在摸清机械对螺絲預埋精度的要求以前，要了解整个机械的情况，并要詳細地了解与地脚螺絲直接有关的那些零件。

在預埋过程中，还提出了好多办法：

(1) 在搗實螺絲周圍的混凝土時不要用力太大，否則就可能把螺絲弄偏了；

(2) 在澆混凝土時，要隨時注意螺絲的動態，有偏差發生時應及時校正；

(3) 螺絲下端应与已經做成的基礎离开一些，以免螺絲底部擱在上面而使螺絲產生偏度。这次在預埋發电机軌道的地脚螺絲时就發生过这类問題。

地脚螺絲預埋的過程如下：

預埋前的准备工作 在做厂房基礎时就留出埋螺絲的地位。在所留螺絲孔的周圍可以用毛石或燒磚砌好，也可以用木殼板撐好。同时，測定地面高程厂房中心、木管中心和水輪机中心綫的位置。預先做好地脚螺絲位置的固定板。对固定板的要求：

(1) 板要厚一些;

(2) 板上的螺絲孔要能緊緊地固定住螺絲，不能有鬆動。在這次安裝中就有過螺絲孔鬆動的問題，後經校正，才未影響安裝質量；

(3) 样板是由几块并成的，因此要注意采用硬木，以免合成一块以后仍能发生扭动。这次安装用的样板有：

(甲) 噴嘴和三个主軸轴承的地脚螺絲組成一塊样板;
 (乙) 两个傳动轴承的地脚螺絲組成兩塊样板。
 放样 准备工作做好以后,即進行放样。其步驟如下:
 (1) 根据木管中心和水輪机中心,把噴嘴和三个主軸轴承的地脚螺絲所組成的样板放上,使样板的中心綫与水輪机的中心綫重合,这就可以把样板放在正确的位置上;

(2) 根据水輪机的中心綫測定發电机的中心綫;
 (3) 根据發电机的中心綫測定四号軸承的中心綫(即埋在牆里的那个軸承),然后把样板放好;
 (4) 根据水輪机的中心綫測定五号軸承的位置,然后把样板放好。所有样板上的中心綫都要和測定的中心綫重合。

在測定二个傳动軸的中心綫位置时,由于一个是根据水輪机中心綫,另一个是根据發电机中心綫,虽然是同一个原始依据,但在几次換測中發生了誤差,因而造成两个軸承的位置誤差較大(見誤差示意圖)。

四、各零件的安裝

1、預埋螺絲的誤差

电站全部地脚螺絲都是預埋的,这是一項細致的工作。如預埋螺絲產生誤差超过机械上允許誤差的范围时,非但不能减少安裝的时间,相反的給安裝帶來許多麻煩。这次預埋螺絲的誤差沒有影响安裝(見示意圖)。但是在沒有十分把握时,不能像这

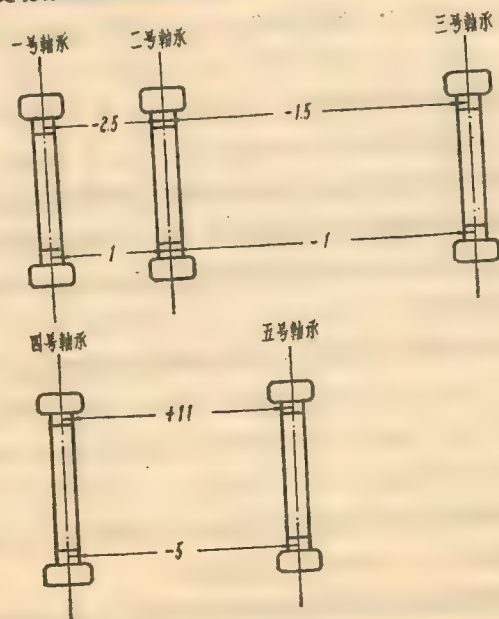


圖2 預埋地脚螺絲誤差示意圖

次安裝一样,把所有地脚螺絲和木管接头埋死。

II、安裝人員及工作量

在电站工务所下設一机械安裝組,設組長一人。安裝工作主要由修配厂的4名技工及1名技術員担任,工务所派了2名技工及10余个民工协助。安裝工作量見下表。

| 日期 | 工作項目 | 時間 | 工作人數 |
|--------|---------|-----|------------|
| 2月3日 | 三个軸承架安裝 | 3工吋 | 技工1名,民工1名 |
| 2月3日 | 轉子安裝 | 2工吋 | 技工4名,民工11名 |
| 2月3~4日 | 噴嘴安裝 | 4工吋 | 技工4名,民工11名 |
| 2月4日 | 傳动設備安裝 | 5工吋 | 技工3名,民工6名 |
| 2月4~5日 | 漸變管安裝 | 4工吋 | 技工4名,民工5名 |
| 2月6日 | 調整器安裝 | 1工吋 | 技工3名 |

注:民工主要用于起重工作

III、安裝步驟

(一) 水輪机的三个主軸承安裝

安裝軸承座时要特別注意控制水平,高程稍有誤差时,可用斜板調節(但有一定限度)。此次安裝水輪机与木管的相对位置沒有發生問題。

(1) 一號軸承架安裝: (甲) 鑿平混凝土地面; (乙) 四角放上垫片; (丙) 試放軸承架,看清4个螺絲偏度及其方向。然后拿走軸承架,用手錘校正螺絲偏度(螺杆上要加上螺帽)。再試放軸承架,这一工作要反复地進行几次,直到軸承架放下才完畢。但要注意用手錘校正螺絲的偏度,只能用于偏差較小的情况下。(丁) 校正軸承架的水平是放上水平尺,用加減垫片的方法來校正,但要注意垫片不要墊得太厚,以免影响高程。

(2) 二號軸承架安裝: 具体步驟与上述的相同。但在校正水平时,应与一號軸承架联合一起校正,防止两个軸承架產生高度誤差。

(3) 三號軸承架安裝: 与二號軸承架完全一样,不同的只是校正水平时不与一號軸承架的水平联合起來校,而是与二號軸承架的水平联合起來校。校正时不用水平尺,用“拉綫”方法,見圖三。(調節到 α 等于零)。

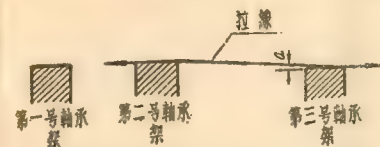


圖3 校正三號軸承架拉綫示意圖

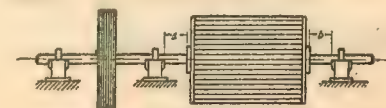


圖4 轉子安裝示意圖

(二) 轉子安裝的步驟

(1) 裝上斜板和軸承座,暫時不固定。

(2) 裝轉子: 在工作前要洗好滾珠軸承,并套入軸上(緊帽先不擰緊),但二号滾珠軸承不必拿下來洗。同时把傳动的三角皮帶,套上傳动輪,然后裝上轉子。

(3) 校正轉子的水平及平面位置：校正水平時，水平尺放在主軸上，調節軸承座下面的斜板位置并校正平面位置（見圖四）。用內卡量 a 和 b ，當 a 等於 b 時即為正確位置；如 a 不等於 b 時，則推軸使到正確位置上即可，因為這時軸套上的緊帽還沒有擰緊，軸套與軸配合是很松的。

(4) 擰緊軸承座的固定螺絲。擰緊緊帽及鎖片，填上黃油，放上軸承座蓋并加以固定。以上三項工作必須在裝上噴嘴調整到合宜位置時才做。

(三) 噴嘴安裝

當噴嘴放上以後，要調整它的水平、高程和與轉子的相互位置。這三個工作是相互聯系而需要反復進行的，它的校正情況見圖五。噴嘴的位置以 a 、 b 和 c 三值來表示，當 $a=b=c$ 時即為正確位置。要使 $a=b=c$ ，只要移動噴嘴的位置或調節螺絲即可。在用內卡測 a 、 b 和 c 值時，并要不斷地測噴嘴與一號漸變管接頭處的那個法蘭面的垂直度。因為轉子與噴嘴的間隙只有 2 公厘（大了水輪機效率不好），所以這一工作做得好與壞直接影響到水輪機的正常運轉和效率。

在噴嘴的下端的法蘭與地板間放上墊片。再裝上主軸兩端的止水片。

(四) 傳動設備的安裝

(1) 傳動設備的軸承架及軸承座與主軸承架的安裝完全相同；

(2) 洗好滾珠軸承，套上傳動軸；

(3) 套上三角皮帶，這一工作應在傳動軸放下時來做；

(4) 傳動軸安上後，要用水平尺校正水平及其中心綫與主軸中心綫是否平行。校正平行時，採用拉綫方法；

(5) 固定軸承架和軸承座的螺絲，放上軸承座蓋，并加以固定，在固定前要加入黃油；

(6) 裝上發電機和皮帶，調整兩軸的距離，并固定發電機；

(7) 裝上壓緊輪。

(五) 漸變管的安裝

(1) 先裝壓緊環套木管，然後裝上一號漸變管（二法蘭盤間加軟墊）；

(2) 放上二號漸變管，并与一號漸變管固定（二法蘭盤間加軟墊）。

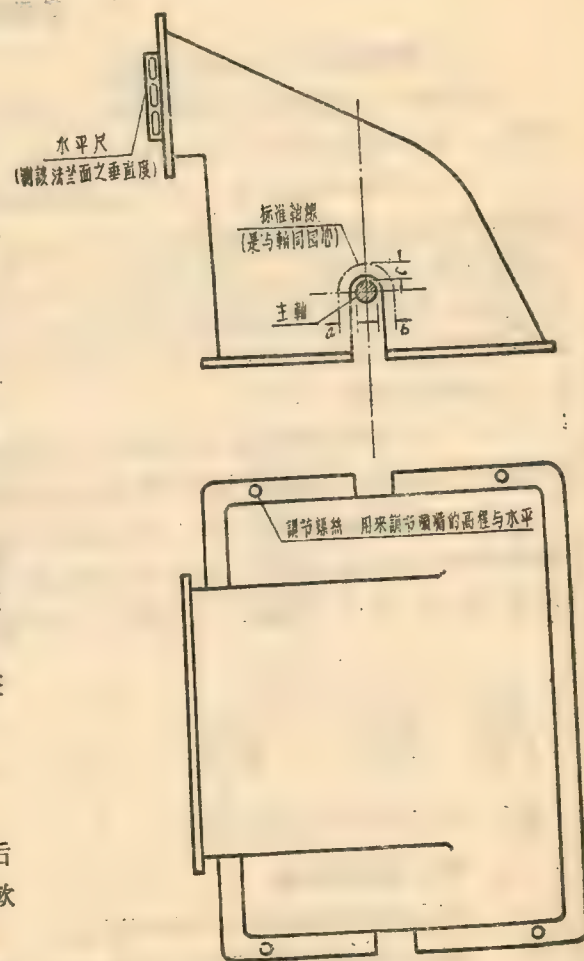


圖 5 噴嘴安裝示意圖

二號漸變管的另一端嵌入軟墊，這一端的法蘭盤與壓緊環固定，越緊越好；

(3) 最後埋死漸變管的 4 個地腳螺絲；

(六) 調速器的安裝

這項工作很簡單，調速器放在木制樓板上，可根據具體情況，現鑽調速器座的固定螺絲孔。先裝上調速杆、調速器座，再裝上手輪，然後固定調速器座的地腳螺絲。安裝工作完畢後，要檢查油杯存油的情況，并在噴嘴與地板間灌入混凝土。

(七) 安裝過程中與其他部分的关系

在安裝過程中要與其他部分聯系配合，特別是與土建部分的聯系配合是保證勝利完成安裝工作的主要條件。這次的安裝工作是在白天進行的，其他有關配合工作主要是在晚上進行，因此，在安裝中沒發生因配合不好而影響安裝工作的問題。

五、起重方法

小型水電站的機器起重是一項較重要的工作。因小型水電站內不設橋式起重機，大都只能用起重鉤及三角架來起重。這次安裝的起重方法是：

(1) 在起重鉤底下放上平木板（搭在發電機層樓板上）；

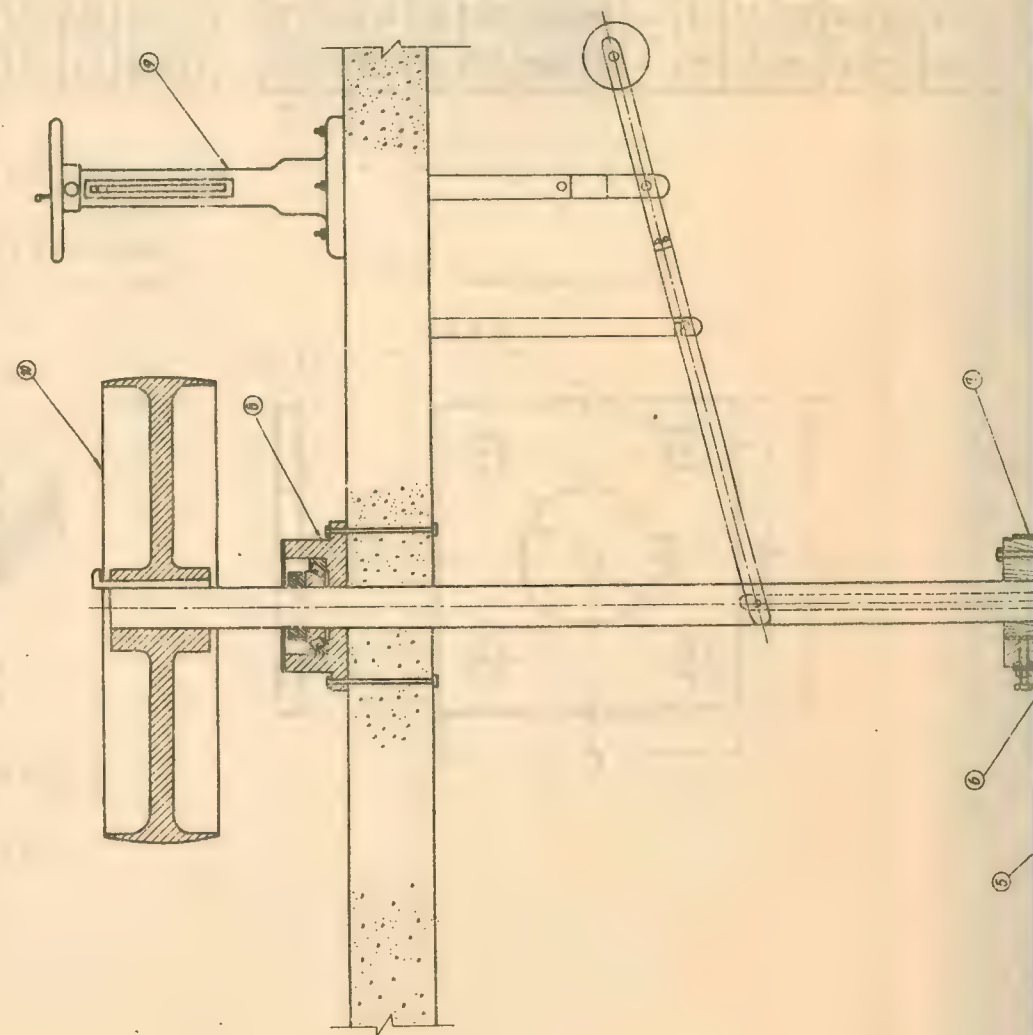
(2) 將零件用人力抬到起重鉤下的木板上，然後將零件搭在掛鉤上升起一點（剛離板），迅速將搭在發電機層上的木板撤去。再將零件送入水輪機層去。

在特殊情況下，如鏈條不夠長時，要零件在下降到半中間時停一下，并在零件下面搭上木架子。要特別注意的是待零件放穩後再松繩。起重使用的繩要經過嚴格檢查，以防在起重過程中折斷。

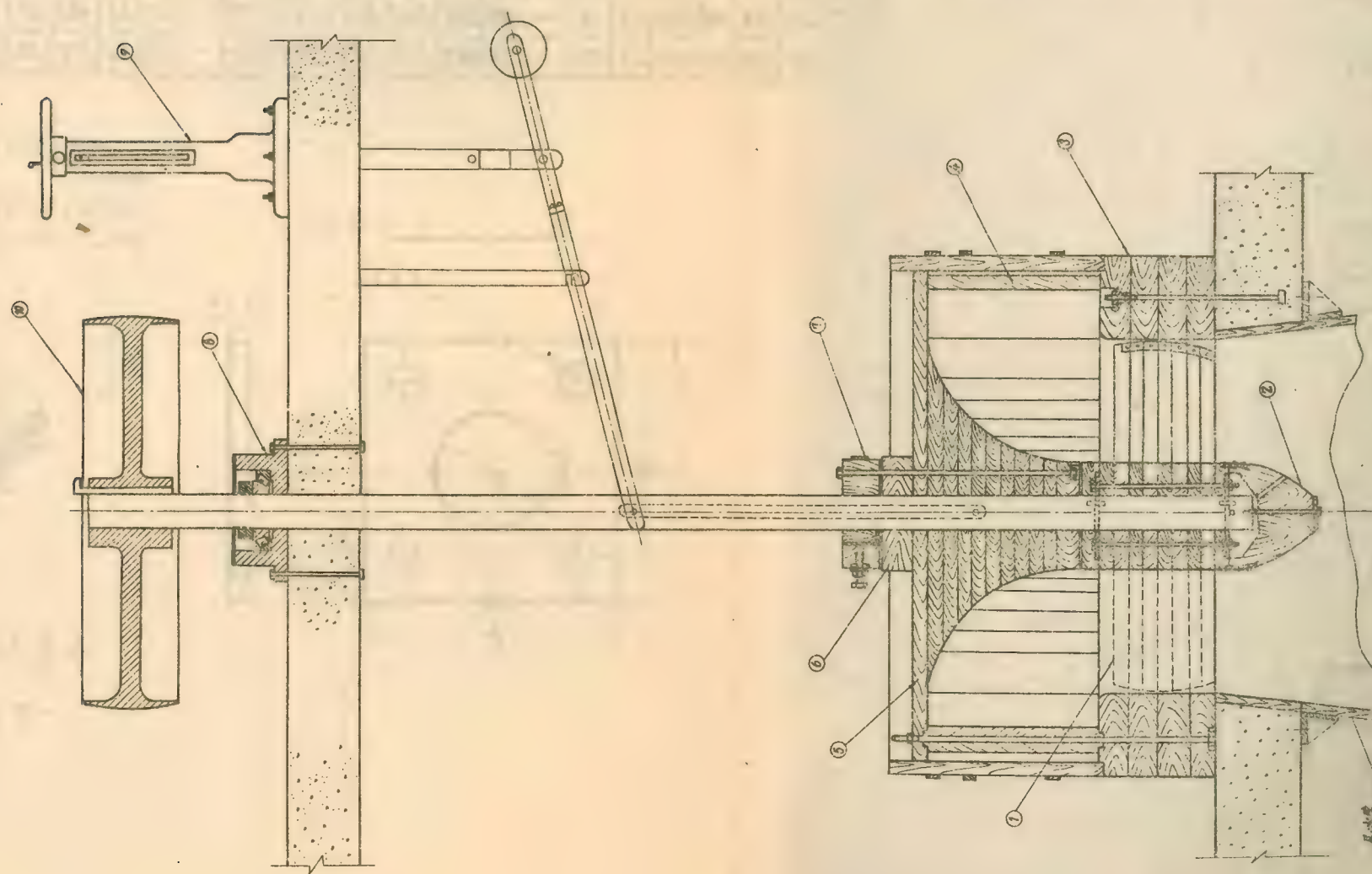
十、木制旋槳式水輪機製造圖

(圖号20—1~20—18)

| 圖 號 | 零 件 名 稱 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|-------------------------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-------|-----|-----|------|------|------|----|------|----|-----|------|------|------|------|----|--|
| | | 0.13 | | | | | | | | | | | | | | | | 0.28 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0.44 | | | | | | | | | | | | | | | | 0.635 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 0.865 | | | | | | | | | | | | | | | | 1.12 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1.45 | | | | | | | | | | | | | | | | 1.77 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 號 | 稱 | 用 | | | | | | | | | | | | | | | | 特 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 2.6 | | | | | | | | | | | | | | | | 5.6 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 8.8 | | | | | | | | | | | | | | | | 12.7 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 441 | 402 | 320 | 268 | 230 | 200 | 162 | 205 | 175 | 541 | 402 | 394 | 329 | 282 | 370 | 41 | 2.6 | 5.6 | 8.8 | 12.7 | 17.3 | 22.4 | 29 | 45.8 | 66 | 4.8 | 10.4 | 16.2 | 23.3 | 31.7 | 41 | |
| 1 | 轉 子 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 洩 水 體 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 底 環 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 導 水 叶 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 頂 蓋 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 支 撐 板 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 下 部 軸 承 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 上 部 軸 承 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 調 速 器 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 皮 帶 輪 (與电动机1000轉/分鐘) | 1 | 6 | 18 | 16 | 21 | 26 | 31 | 36 | 39 | 2 | 7 | 12 | 17 | 22 | 27 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

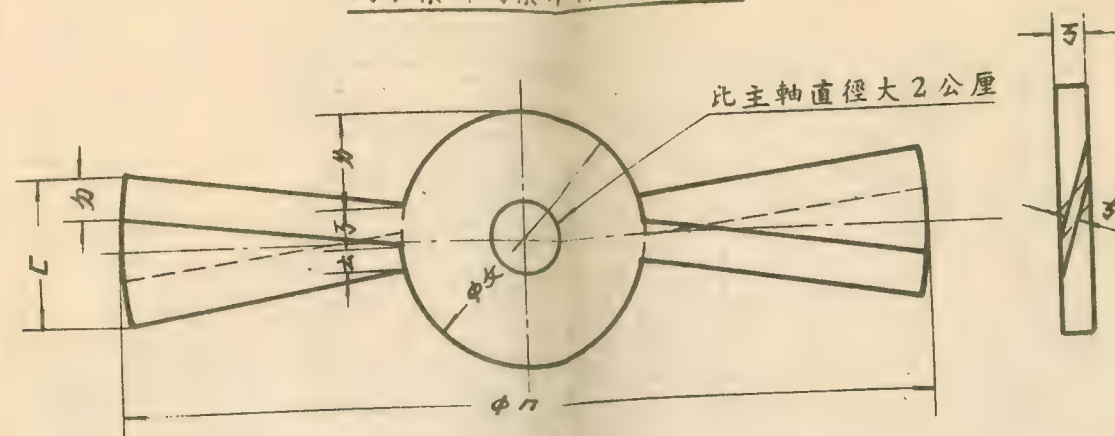


| 号 | 零件名称 | 水 头 (公尺) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---------------------|----------|---|----|----|----|----|----|----|----|---|---|----|----|----|----|----|----|----|---|---|----|----|----|----|----|----|---|---|----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|----|----|---|---|---|--|--|--|--|--|--|--|
| | | 2 | | | | | | | | | | 3 | | | | | | | | | | 4 | | | | | | | | | | 5 | | | | | | | | | | 6 | | | | | | | | | |
| | | 流量 (秒公方) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 功率 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 转速 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 数 (转/分钟) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 转 子 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | | | | | | |
| 2 | 内 水 轮 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | | | | | | |
| 3 | 底 环 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | | | | | | |
| 4 | 导 水 叶 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | | | | | | |
| 5 | 限 差 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | | | | | | |
| 6 | 支 撑 板 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | | | | | | |
| 7 | 下 部 轴 承 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | | | | | | |
| 8 | 上 部 轴 承 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | | | | | | |
| 9 | 调 速 器 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | | | | | | |
| 10 | 皮 带 轮 (每分钟1000转) | 1 | 6 | 18 | 16 | 21 | 26 | 31 | 36 | 39 | 2 | 7 | 12 | 17 | 22 | 27 | 32 | 37 | 40 | 3 | 8 | 12 | 18 | 23 | 28 | 33 | 38 | 4 | 9 | 14 | 19 | 24 | 29 | 34 | 3 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | | | | | | | | | | |

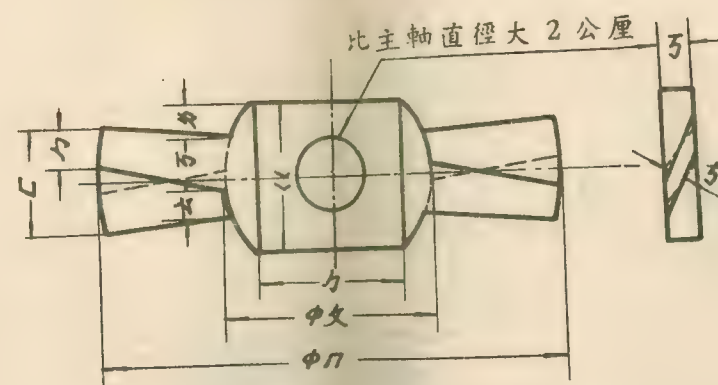


说明: 本制螺旋式水轮机的效率: 最大 75%, 平均效率 65%。
 应用时, 按水头和流量标准水轮机型号, 按型号查出它的各个零件的尺寸即可按图制造。
 应用时, 应选用的木料, 应符合下列规定: 各部零件应选用同一根木料, 并应选用同一根木材。
 应用时, 应按图样尺寸检查一次, 如有错误, 即应修改。
 同时, 应按本图中“本制螺旋式水轮机的设计及其应用”一章计算校核。

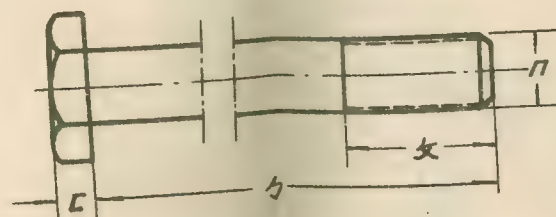
两个葉瓣的葉片样板 (木料)



四个葉瓣的葉片样板 (木料)



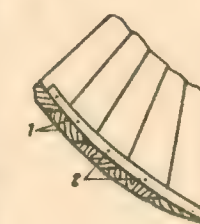
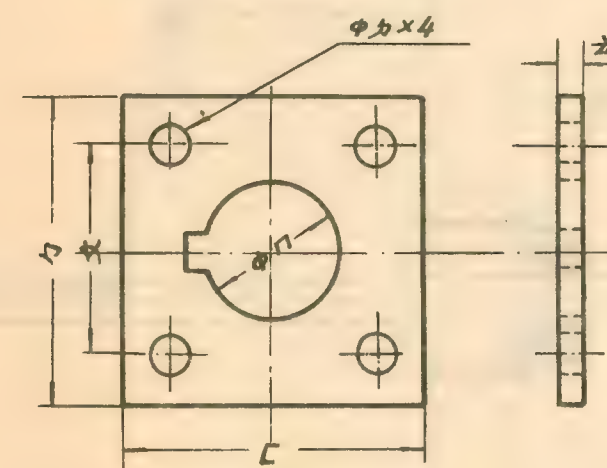
固定螺絲 (圓鋼)



| 型 号 | 墊 片 | | | | | | 葉 | | | | | | | | | | 法 | | | | 固 定 螺 絲 | | | | 螺絲塊數 (軸葉拼塊數) |
|--------|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|------|-----|----|----|----|------|-----|----|----|-----|----|----|---------|---|--|--|-----------------|
| | 5 | 5 | 17 | 17 | 17 | 17 | 5 | 5 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 17 | 5 | 5 | 17 | 17 | | | | |
| 1 | 80 | 58 | 80 | 46 | 13 | 10 | 92 | 130 | 300 | 87 | 21 | 29 | 53 | 10 | 92 | 35 | 10 | 255 | 30 | 12 | 10 | 3 | | | |
| 2 | 120 | 80 | 120 | 51 | 18 | 10 | 127 | 180 | 400 | 128 | 40 | 40 | 60 | 135 | 127 | 40 | 15 | 270 | 30 | 17 | 14 | 3 | | | |
| 3 | 140 | 100 | 140 | 66 | 18 | 10 | 156 | 220 | 500 | 143 | 43 | 44 | 62 | 25 | 156 | 45 | 15 | 285 | 30 | 17 | 14 | 3 | | | |
| 4 | 180 | 120 | 180 | 71 | 23 | 10 | 191 | 270 | 600 | 143 | 43 | 45 | 67 | 395 | 191 | 45 | 15 | 335 | 30 | 22 | 16 | 4 | | | |
| 5 | 180 | 120 | 180 | 91 | 23 | 15 | 220 | 310 | 700 | 158 | 58 | 44 | 73 | 515 | 220 | 45 | 15 | 340 | 50 | 22 | 16 | 4 | | | |
| 6 | 140 | 100 | 140 | 91 | 23 | 15 | — | 210 | 700 | 177 | 50 | 38 | 75 | 485 | — | 45 | 17 | 385 | 50 | 22 | 16 | 5 | | | |
| 7 | 160 | 120 | 160 | 101 | 23 | 15 | — | 240 | 800 | 177 | 50 | 38 | 76 | 63 | — | 45 | 17 | 385 | 50 | 22 | 16 | 5 | | | |
| 8 | 200 | 140 | 200 | 111 | 23 | 15 | — | 300 | 1000 | 201 | 60 | 42 | 59 | 995 | — | 50 | 20 | 465 | 50 | 22 | 16 | 6 | | | |
| 9 | 240 | 180 | 240 | 121 | 23 | 15 | — | 360 | 1200 | 201 | 60 | 42 | 59 | 1295 | — | 50 | 20 | 515 | 50 | 22 | 16 | 7 | | | |

注：1. 在輪葉的邊緣上嵌釘上薄鉄条。
2. 輪葉的角上要制成光滑圓角。見下圖：

墊 片 (圓鋼)

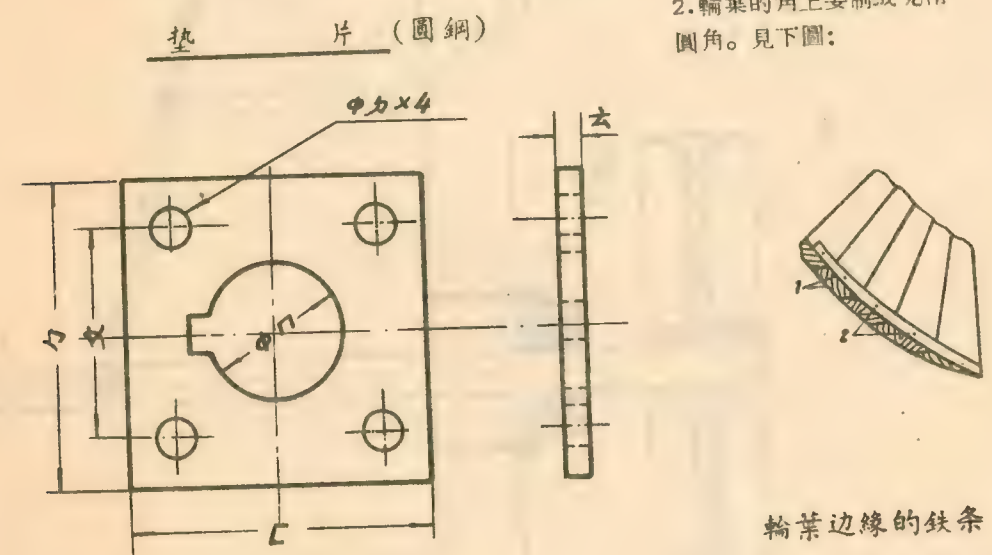


輪葉邊緣的鉄条

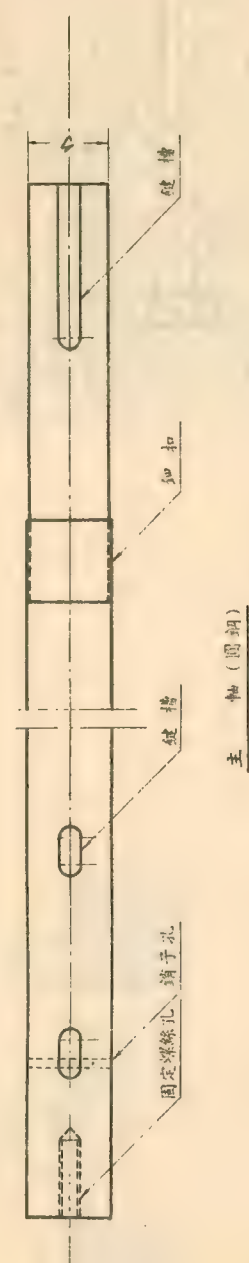
1. — 帶鉄 2. — 鉚釘

| 以 号 | 垫 片 | | | | | | 葉 | | | | | | | | | | 法 | | | | 固 定 螺 絲 | | | | 除拼塊數 (軸葉拼塊數) | | | | | | |
|--------|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|------|-----|----|----|----|------|-----|----|----|-----|----|----|---------|---|---|---|-----------------|---|---|---|---|---|---|
| | 寸 | 分 | 厘 | 毫 | 絲 | 毫 | 寸 | 分 | 厘 | 毫 | 絲 | 毫 | 寸 | 分 | 厘 | 毫 | 絲 | 毫 | 寸 | 分 | 厘 | 毫 | 絲 | 毫 | | 寸 | 分 | 厘 | 毫 | 絲 | 毫 |
| 1 | 80 | 58 | 80 | 46 | 13 | 10 | 92 | 130 | 300 | 87 | 21 | 29 | 53 | 10 | 92 | 35 | 10 | 255 | 30 | 12 | 10 | | | | | | | | | | 3 |
| 2 | 120 | 80 | 120 | 51 | 18 | 10 | 127 | 180 | 400 | 128 | 40 | 40 | 60 | 135 | 127 | 40 | 15 | 270 | 30 | 17 | 14 | | | | | | | | | | 3 |
| 3 | 140 | 100 | 140 | 66 | 18 | 10 | 156 | 220 | 500 | 143 | 43 | 44 | 62 | 25 | 156 | 45 | 15 | 285 | 30 | 17 | 14 | | | | | | | | | | 3 |
| 4 | 180 | 120 | 180 | 71 | 23 | 10 | 191 | 270 | 600 | 143 | 43 | 45 | 67 | 395 | 191 | 45 | 15 | 335 | 30 | 22 | 16 | | | | | | | | | | 4 |
| 5 | 180 | 120 | 180 | 91 | 23 | 15 | 220 | 310 | 700 | 158 | 58 | 44 | 73 | 515 | 220 | 45 | 15 | 340 | 50 | 22 | 16 | | | | | | | | | | 4 |
| 6 | 140 | 100 | 140 | 91 | 23 | 15 | — | 210 | 700 | 177 | 50 | 38 | 75 | 485 | — | 45 | 17 | 385 | 50 | 22 | 16 | | | | | | | | | | 5 |
| 7 | 160 | 120 | 160 | 101 | 23 | 15 | — | 240 | 800 | 177 | 50 | 38 | 76 | 63 | — | 45 | 17 | 385 | 50 | 22 | 16 | | | | | | | | | | 5 |
| 8 | 200 | 140 | 200 | 111 | 23 | 15 | — | 300 | 1000 | 201 | 60 | 42 | 59 | 995 | — | 50 | 20 | 465 | 50 | 22 | 16 | | | | | | | | | | 6 |
| 9 | 240 | 180 | 240 | 121 | 23 | 15 | — | 360 | 1200 | 201 | 60 | 42 | 59 | 1295 | — | 50 | 20 | 515 | 50 | 22 | 16 | | | | | | | | | | 7 |

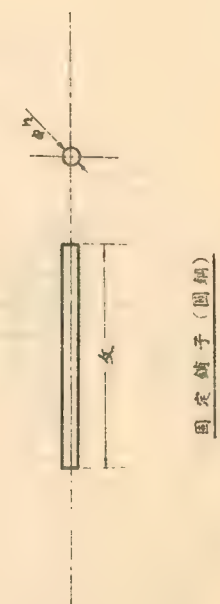
注：1.在輪葉的邊緣上嵌釘上薄鉄条。
2.輪葉的角上要制成光滑圓角。見下圖：



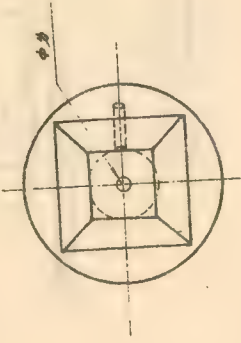
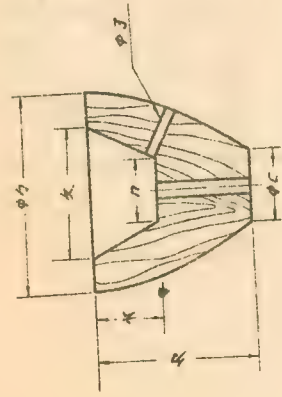
輪葉邊緣的鉄条
1.—帶鉄 2.—鉚釘



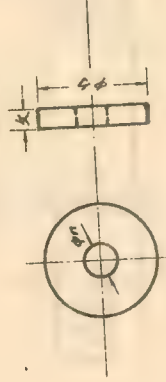
| 型 號 | 軸 直 徑 (mm) | | | | | | | | | |
|-----|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| 2 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| 3 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| 4 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| 5 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| 6 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| 7 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| 8 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| 9 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 |



固定鎖子 (圓鋼)

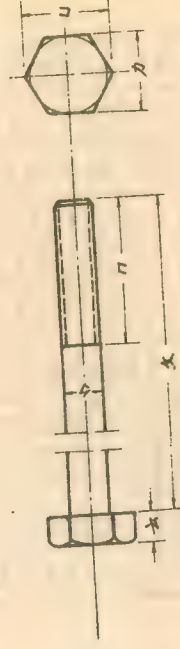


泄水环 (木料)



垫片 (原料)

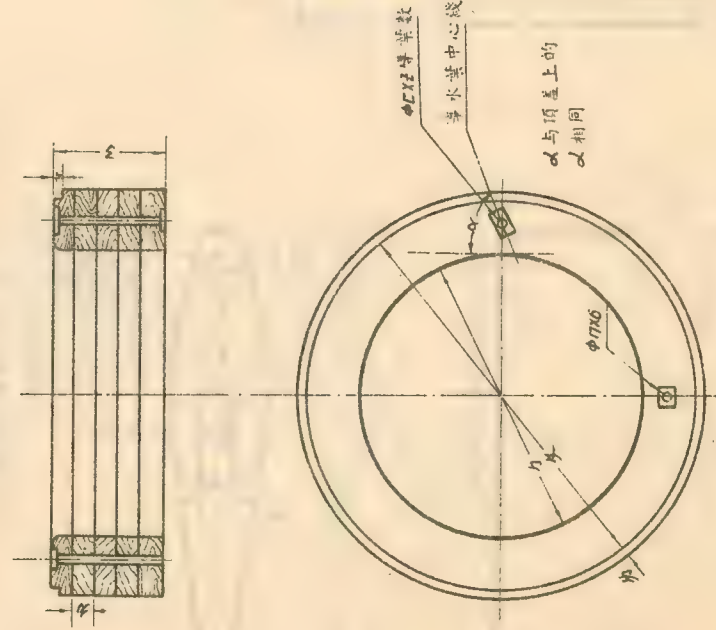
注：泄水环与底下水圈板（轴套下圈）嵌入
凹地漏板，厚度不小于3公厘，表面
应与凹地漏板表面一致，并用木螺钉
将铁片在底下水圈板（轴套下圈）上
水面上固定。



泄水环固定螺絲 (鋼絲)

| 型 號 | 泄水 | | | | 鐵片 | | | | 固定螺絲 | | | |
|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|------|----|----|----|
| | 力 | 力 | 力 | 力 | 力 | 力 | 力 | 力 | 力 | 力 | 力 | 力 |
| 1 | 130 | 80 | 50 | 56 | 104 | 50 | 10 | 17 | 56 | 12 | 17 | 16 |
| 2 | 180 | 120 | 60 | 63 | 144 | 60 | 10 | 17 | 63 | 12 | 17 | 16 |
| 3 | 220 | 140 | 70 | 77 | 176 | 80 | 15 | 17 | 77 | 12 | 17 | 16 |
| 4 | 270 | 180 | 80 | 95 | 216 | 100 | 15 | 23 | 95 | 13 | 23 | 22 |
| 5 | 310 | 190 | 100 | 109 | 248 | 100 | 15 | 23 | 109 | 13 | 23 | 22 |
| 6 | 310 | 190 | 100 | 109 | 248 | 100 | 15 | 23 | 109 | 13 | 23 | 22 |
| 7 | 210 | 140 | 100 | 74 | 166 | 80 | 15 | 23 | 74 | 14 | 23 | 22 |
| 8 | 240 | 160 | 110 | 84 | 192 | 90 | 15 | 23 | 84 | 14 | 23 | 22 |
| 9 | 300 | 200 | 120 | 105 | 240 | 100 | 15 | 23 | 105 | 15 | 23 | 22 |
| 10 | 360 | 240 | 130 | 124 | 288 | 100 | 15 | 23 | 124 | 15 | 23 | 22 |

| 型 號 | 底 | | | | 環 | | | | 底環固定螺絲 | | | |
|--------|------|------|----|-----|----|----|-----|----|--------|----|----|----|
| | 力 | 力 | 力 | 力 | 力 | 力 | 力 | 力 | 力 | 力 | 力 | 力 |
| 1 | 305 | 416 | 20 | 516 | 10 | 20 | 155 | 14 | 175 | 50 | 8 | 19 |
| 2 | 405 | 616 | 20 | 57 | 10 | 20 | 170 | 17 | 190 | 50 | 8 | 19 |
| 3 | 505 | 700 | 20 | 617 | 10 | 20 | 185 | 20 | 205 | 50 | 8 | 19 |
| 4 | 605 | 896 | 20 | 767 | 10 | 20 | 230 | 25 | 250 | 50 | 8 | 19 |
| 5 | 705 | 1005 | 23 | 767 | 13 | 25 | 230 | 30 | 250 | 50 | 16 | 22 |
| 6 | 705 | 1005 | 23 | 917 | 13 | 25 | 275 | 30 | 295 | 50 | 16 | 22 |
| 7 | 805 | 1150 | 23 | 917 | 13 | 25 | 275 | 40 | 295 | 50 | 16 | 22 |
| 8 | 1005 | 1700 | 23 | 975 | 13 | 25 | 350 | 40 | 370 | 50 | 16 | 22 |
| 9 | 1205 | 1740 | 23 | 100 | 13 | 25 | 400 | 40 | 420 | 50 | 16 | 22 |

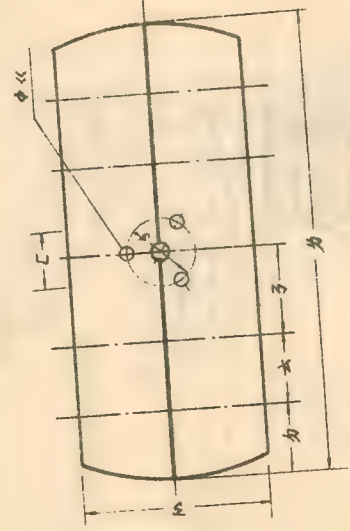


泄水环 (木料)



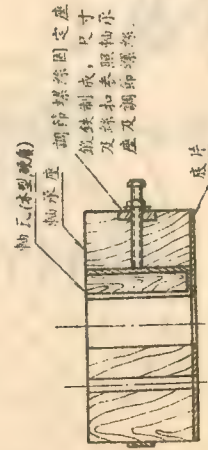
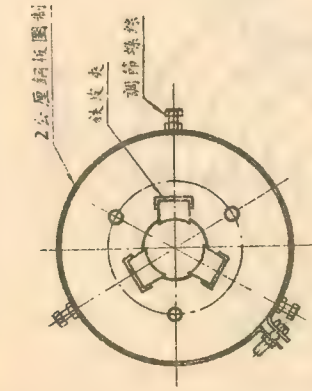
泄水环固定螺絲 (鋼絲)

| 型號 | 支 承 板 | | | | | | | | | | 支 承 板 固 定 螺 絲 | | | | | | | | | |
|----|-------|----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|----|---------------|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| 1 | 78 | 10 | 65 | 50 | 80 | 30 | 476 | 146 | 13 | 80 | 9 | 7 | 170 | 40 | | | | | | |
| 2 | 128 | 10 | 70 | 50 | 90 | 616 | 150 | 13 | 94 | 9 | 7 | 180 | 40 | | | | | | | |
| 3 | 150 | 10 | 85 | 50 | 100 | 700 | 190 | 13 | 100 | 9 | 7 | 220 | 40 | | | | | | | |
| 4 | 148 | 10 | 90 | 50 | 150 | 896 | 202 | 23 | 142 | 9 | 7 | 232 | 40 | | | | | | | |
| 5 | 171.5 | 13 | 110 | 100 | 170 | 1035 | 254 | 23 | 184 | 12 | 10 | 294 | 40 | | | | | | | |
| 6 | 137.5 | 13 | 110 | 100 | 190 | 1035 | 254 | 23 | 184 | 12 | 10 | 294 | 40 | | | | | | | |
| 7 | 225 | 13 | 120 | 100 | 250 | 1450 | 276 | 23 | 106 | 12 | 10 | 310 | 40 | | | | | | | |
| 8 | 250 | 13 | 130 | 100 | 300 | 1700 | 304 | 23 | 136 | 12 | 10 | 344 | 40 | | | | | | | |
| 9 | 250 | 13 | 140 | 100 | 310 | 1740 | 332 | 23 | 264 | 12 | 10 | 372 | 40 | | | | | | | |

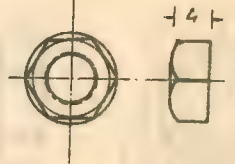
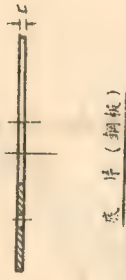
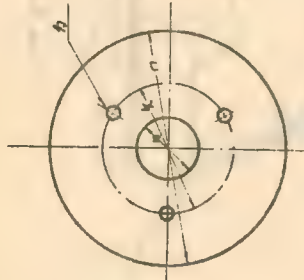


支 承 板 (木 料)

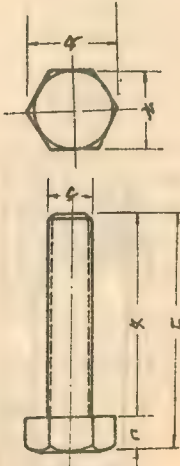
支 承 板 固 定 螺 絲 (鋼 鋼)



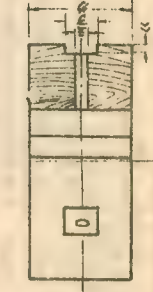
下 部 軸 承 剖 面 圖



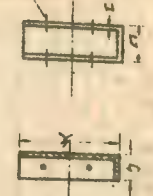
底 片 (鋼 板)



調 節 螺 絲 (鋼 鋼)



底 片 (鋼 板)



底 片 (鋼 板)

| 型號 | 主 承 板 | | | | | | | | | | 支 承 板 固 定 螺 絲 | | | | | | | | | |
|----|-------|-----|------|----|-----|----|----|-----|----|----|---------------|-----|----|----|-----|-----|-----|----|----|----|
| | 寸 | 分 | 寸 | 分 | 寸 | 分 | 寸 | 分 | 寸 | 分 | 寸 | 分 | 寸 | 分 | 寸 | 分 | 寸 | 分 | 寸 | 分 |
| 1 | 130 | 80 | 235 | 30 | 45 | 20 | 45 | 20 | 45 | 20 | 45 | 20 | 45 | 20 | 45 | 20 | 45 | 20 | 45 | 20 |
| 2 | 140 | 94 | 26 | 32 | 50 | 20 | 50 | 20 | 50 | 20 | 50 | 20 | 50 | 20 | 50 | 20 | 50 | 20 | 50 | 20 |
| 3 | 180 | 130 | 32.5 | 43 | 65 | 20 | 50 | 20 | 50 | 20 | 50 | 20 | 50 | 20 | 50 | 20 | 50 | 20 | 50 | 20 |
| 4 | 192 | 142 | 36 | 47 | 70 | 20 | 50 | 20 | 50 | 20 | 50 | 20 | 50 | 20 | 50 | 20 | 50 | 20 | 50 | 20 |
| 5 | 244 | 184 | 46 | 60 | 90 | 27 | 60 | 100 | 18 | 23 | 44 | 130 | 60 | 2 | 92 | 184 | 244 | 3 | | |
| 6 | 244 | 184 | 46 | 60 | 90 | 27 | 60 | 100 | 18 | 23 | 44 | 130 | 60 | 2 | 92 | 184 | 244 | 3 | | |
| 7 | 266 | 206 | 51 | 67 | 100 | 27 | 60 | 144 | 20 | 23 | 48 | 144 | 67 | 2 | 102 | 206 | 266 | 3 | | |
| 8 | 294 | 236 | 56 | 73 | 110 | 27 | 60 | 158 | 20 | 23 | 50 | 158 | 73 | 2 | 112 | 236 | 294 | 3 | | |
| 9 | 320 | 264 | 61 | 80 | 120 | 27 | 60 | 172 | 20 | 23 | 53 | 172 | 80 | 2 | 122 | 264 | 320 | 3 | | |

鐵 釘 圖 示

軸 承 座 (木 料)

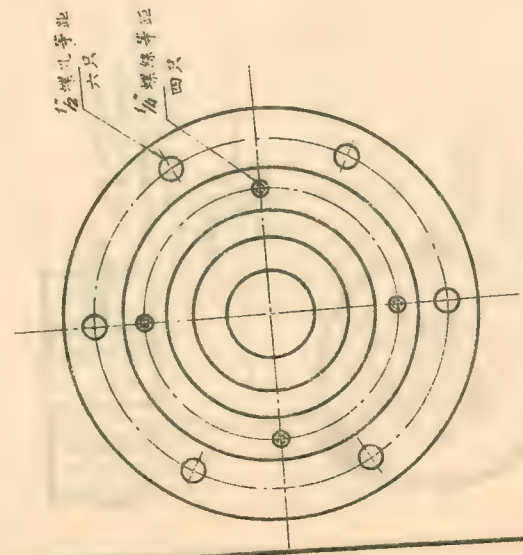
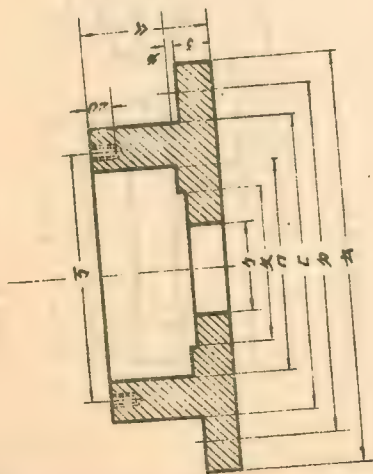
鐵 皮 夾 (鋼 鋼)

上 部 軸 承

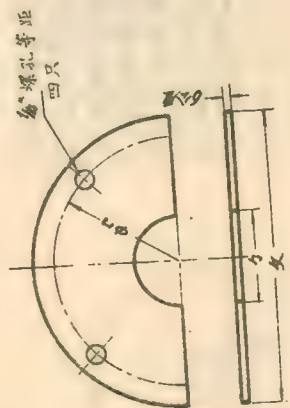
| 型號 | 軸承牌號 | 軸承 | | | | | | | | | | 總帽 | | | | 備註 | | |
|----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| | | ♀ | ♂ | ♀ | ♂ | ♀ | ♂ | ♀ | ♂ | ♀ | ♂ | ♀ | ♂ | | | | | |
| 1 | 32209 | 47 | 66 | 85 | 125 | 103 | 211 | 20 | 5 | 104 | 105 | 47 | 125 | 105 | 45 | 223 | 90 | 23 |
| 2 | 32210 | 52 | 76 | 90 | 130 | 108 | 216 | 20 | 5 | 109 | 110 | 52 | 130 | 110 | 50 | 125 | 100 | 25 |
| 3 | 32213 | 61 | 93 | 120 | 163 | 138 | 246 | 20 | 5 | 132 | 140 | 61 | 160 | 140 | 66 | 125 | 130 | 33 |
| 4 | 32214 | 72 | 98 | 125 | 165 | 213 | 261 | 20 | 5 | 138 | 145 | 72 | 165 | 145 | 70 | 122 | 140 | 35 |
| 5 | 32218 | 92 | 126 | 161 | 200 | 248 | 296 | 20 | 5 | 161 | 169 | 92 | 200 | 180 | 90 | 151 | 180 | 45 |
| 6 | 32218 | 92 | 125 | 160 | 200 | 248 | 296 | 20 | 5 | 161 | 160 | 92 | 200 | 180 | 90 | 151 | 180 | 45 |
| 7 | 32220 | 102 | 141 | 180 | 220 | 268 | 306 | 20 | 5 | 183 | 200 | 102 | 220 | 200 | 100 | 175 | 220 | 50 |
| 8 | 3222 | 112 | 150 | 200 | 250 | 298 | 346 | 25 | 5 | 205 | 225 | 112 | 250 | 225 | 110 | 185 | 220 | 55 |
| 9 | 32224 | 122 | 165 | 215 | 265 | 313 | 361 | 25 | 5 | 221 | 240 | 122 | 265 | 240 | 120 | 210 | 240 | 60 |



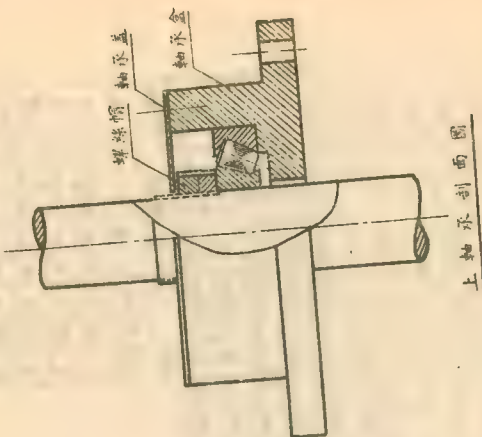
（十）



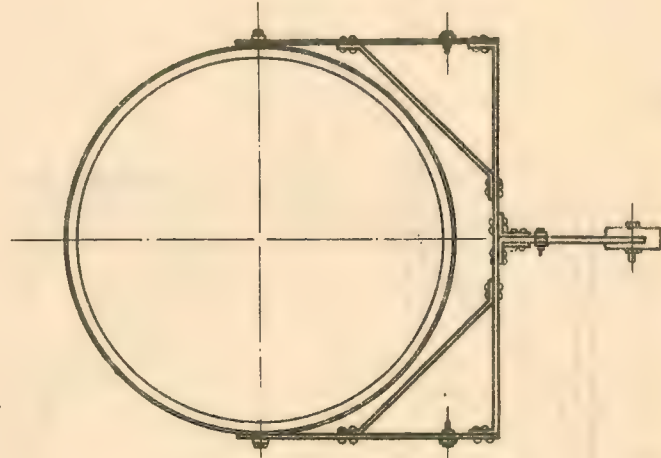
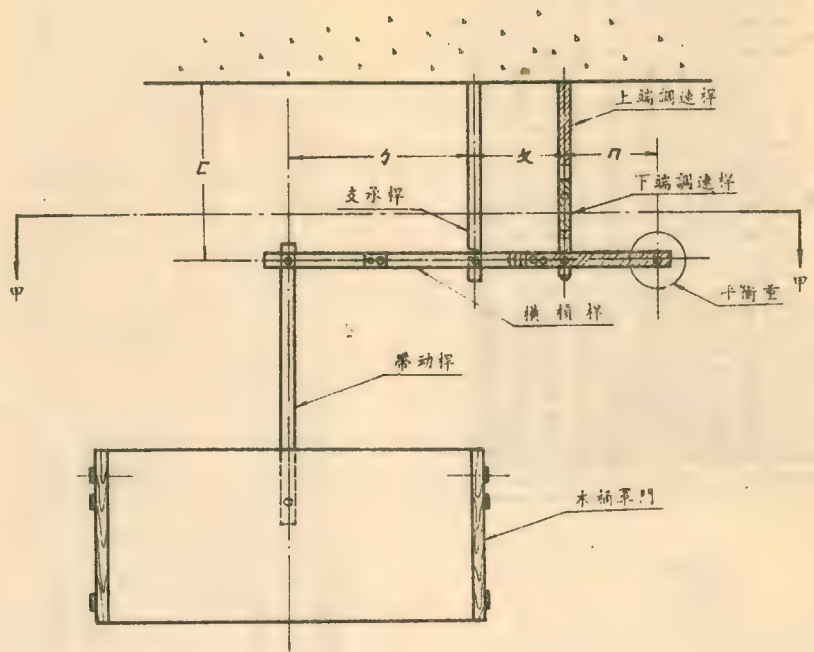
軸承盒(鑄鐵)



轴承盖 (鋼板)



上轴承剖面圖

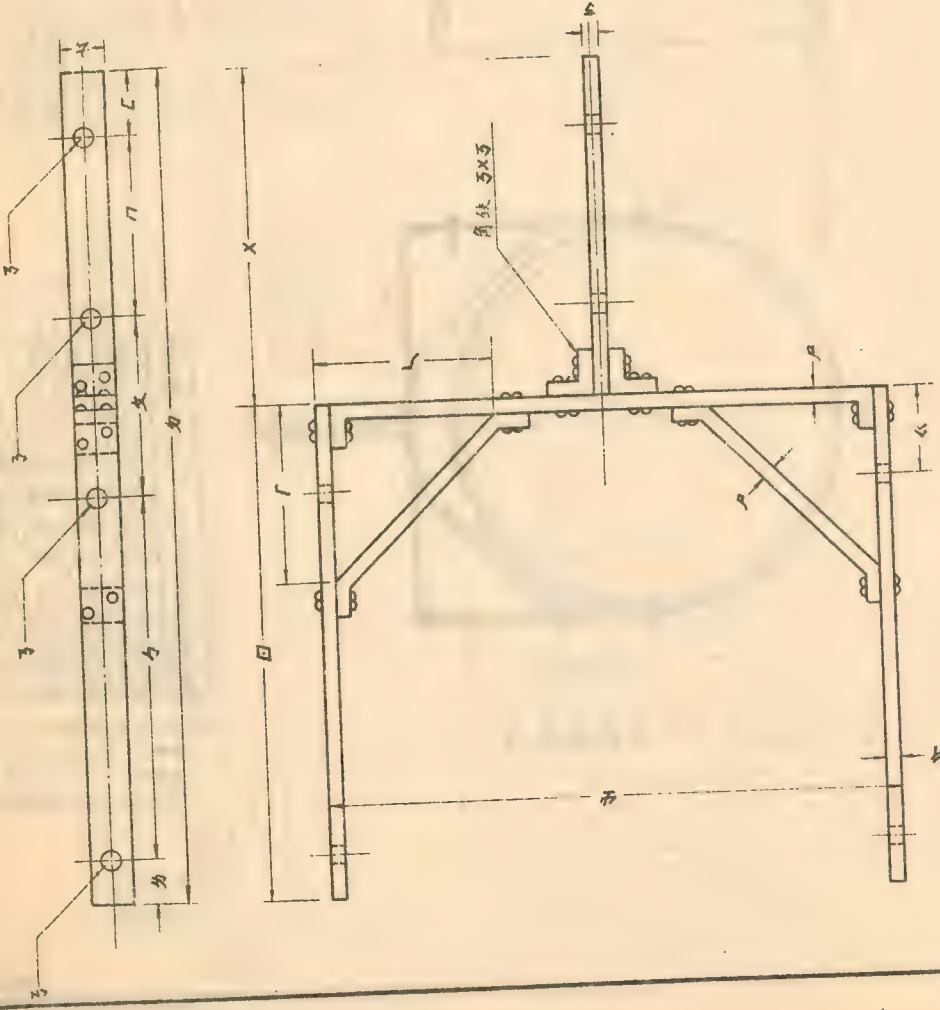


調速裝置圖

| 型號 | 位置尺寸 | | | |
|----|------|-----|-----|-----|
| | 力 | 女 | 門 | 工 |
| 1 | 340 | 170 | 340 | 260 |
| 2 | 390 | 195 | 390 | 300 |
| 3 | 430 | 215 | 430 | 330 |
| 4 | 500 | 250 | 500 | 390 |
| 5 | 550 | 280 | 560 | 440 |
| 6 | 600 | 300 | 600 | 480 |
| 7 | 670 | 335 | 670 | 530 |
| 8 | 760 | 380 | 760 | 620 |
| 9 | 850 | 425 | 850 | 710 |

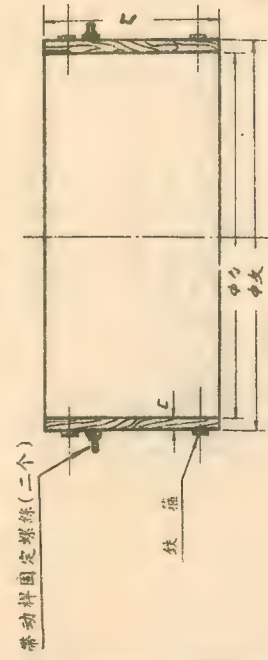
注：各種螺絲直徑請查有關表格，長短根據具體情況決定。
在某種情況下為了不便橫杆浸在水中可以適當的調節“C”。

橫 樑 桿 (圓鋼)

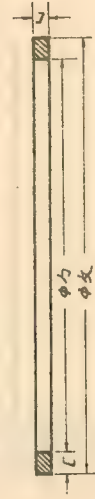


| 型 號 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 內 徑 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 275 | 300 |
| 外 徑 | 110 | 135 | 160 | 185 | 210 | 235 | 260 | 285 | 310 |
| 壁 厚 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 軸 承 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 275 | 300 |
| 軸 承 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 275 | 300 |
| 軸 承 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 275 | 300 |
| 軸 承 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 275 | 300 |
| 軸 承 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 275 | 300 |
| 軸 承 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 275 | 300 |
| 軸 承 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 275 | 300 |

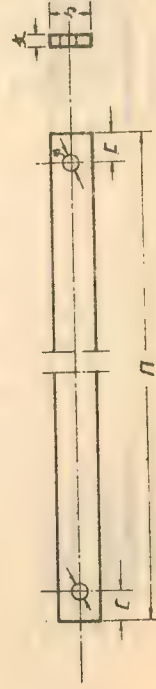
木 桶 罩 門 (木 料)



鐵 桶 (鋼 料)



帶 動 桿 (鋼 料)

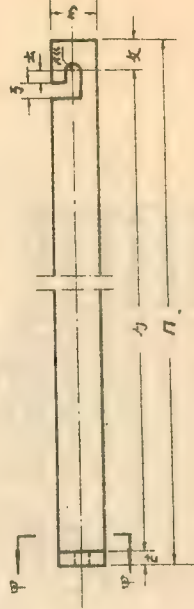


| 型 號 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 內 徑 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 275 | 300 |
| 外 徑 | 110 | 135 | 160 | 185 | 210 | 235 | 260 | 285 | 310 |
| 壁 厚 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 軸 承 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 275 | 300 |
| 軸 承 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 275 | 300 |
| 軸 承 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 275 | 300 |
| 軸 承 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 275 | 300 |
| 軸 承 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 275 | 300 |
| 軸 承 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 275 | 300 |
| 軸 承 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 275 | 300 |

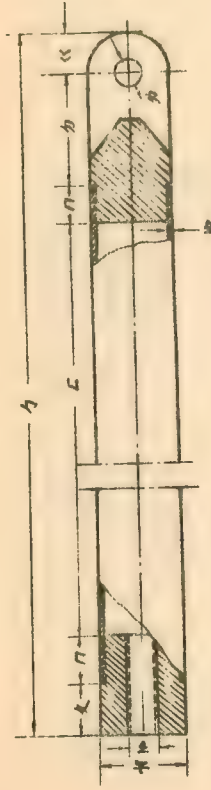
甲—甲剖面



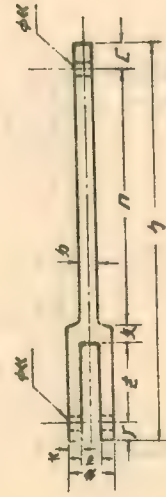
支 承 桿 (鋼 料)



注：支承桿與發電機機殼固定時要用墊片。
墊片與支承桿螺絲是固定在同一個殼體上，該殼體的尺寸與其他兩個螺絲相同。
帶動桿固定螺絲的尺寸請查有關表格。



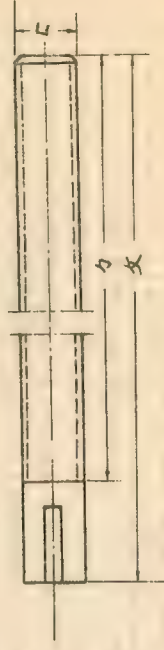
上端測邊桿



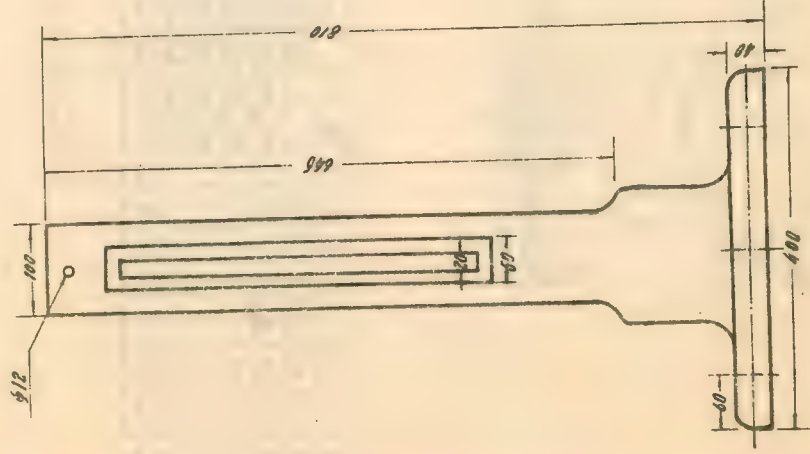
下病調逸悍（論使）

| 姓 | 上 | 端 | 訓 | 道 | 擇 | 訓 | 道 | 擇 | 姓 |
|---|---|----|----|----|-----|-----|----|----|----|
| 魏 | 夕 | 女 | 口 | 二 | 夕 | 女 | 口 | 二 | 夕 |
| 魏 | 根 | 50 | 30 | 木 | 120 | 70 | 10 | 10 | 50 |
| 1 | 2 | 根 | 50 | 30 | 木 | 120 | 70 | 10 | 10 |
| 2 | 3 | 根 | 50 | 30 | 木 | 120 | 70 | 10 | 10 |
| 3 | 4 | 根 | 50 | 30 | 木 | 120 | 70 | 10 | 10 |
| 4 | 5 | 根 | 50 | 30 | 木 | 120 | 70 | 10 | 10 |
| 5 | 6 | 根 | 50 | 30 | 木 | 120 | 70 | 10 | 10 |
| 6 | 7 | 根 | 50 | 30 | 木 | 120 | 70 | 10 | 10 |
| 7 | 8 | 根 | 50 | 30 | 木 | 120 | 70 | 10 | 10 |
| 8 | 9 | 根 | 50 | 30 | 木 | 120 | 70 | 10 | 10 |
| 9 | | 根 | 50 | 30 | 木 | 120 | 70 | 10 | 10 |

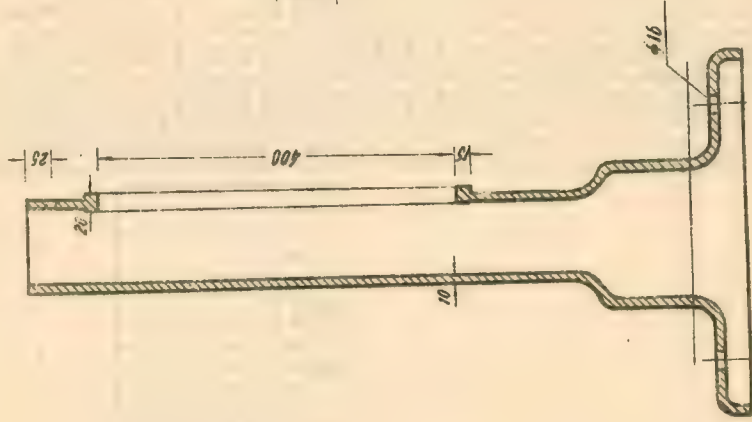
| 型 | 下 | 場 | 額 | 通 | 程 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 | 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 | 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 | 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 | 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 | 141 | 142 | 143 | 144 | 145 | 146 | 147 | 148 | 149 | 150 | 151 | 152 | 153 | 154 | 155 | 156 | 157 | 158 | 159 | 160 | 161 | 162 | 163 | 164 | 165 | 166 | 167 | 168 | 169 | 170 | 171 | 172 | 173 | 174 | 175 | 176 | 177 | 178 | 179 | 180 | 181 | 182 | 183 | 184 | 185 | 186 | 187 | 188 | 189 | 190 | 191 | 192 | 193 | 194 | 195 | 196 | 197 | 198 | 199 | 200 | 201 | 202 | 203 | 204 | 205 | 206 | 207 | 208 | 209 | 210 | 211 | 212 | 213 | 214 | 215 | 216 | 217 | 218 | 219 | 220 | 221 | 222 | 223 | 224 | 225 | 226 | 227 | 228 | 229 | 230 | 231 | 232 | 233 | 234 | 235 | 236 | 237 | 238 | 239 | 240 | 241 | 242 | 243 | 244 | 245 | 246 | 247 | 248 | 249 | 250 | 251 | 252 | 253 | 254 | 255 | 256 | 257 | 258 | 259 | 260 | 261 | 262 | 263 | 264 | 265 | 266 | 267 | 268 | 269 | 270 | 271 | 272 | 273 | 274 | 275 | 276 | 277 | 278 | 279 | 280 | 281 | 282 | 283 | 284 | 285 | 286 | 287 | 288 | 289 | 290 | 291 | 292 | 293 | 294 | 295 | 296 | 297 | 298 | 299 | 300 | 301 | 302 | 303 | 304 | 305 | 306 | 307 | 308 | 309 | 310 | 311 | 312 | 313 | 314 | 315 | 316 | 317 | 318 | 319 | 320 | 321 | 322 | 323 | 324 | 325 | 326 | 327 | 328 | 329 | 330 | 331 | 332 | 333 | 334 | 335 | 336 | 337 | 338 | 339 | 340 | 341 | 342 | 343 | 344 | 345 | 346 | 347 | 348 | 349 | 350 | 351 | 352 | 353 | 354 | 355 | 356 | 357 | 358 | 359 | 360 | 361 | 362 | 363 | 364 | 365 | 366 | 367 | 368 | 369 | 370 | 371 | 372 | 373 | 374 | 375 | 376 | 377 | 378 | 379 | 380 | 381 | 382 | 383 | 384 | 385 | 386 | 387 | 388 | 389 | 390 | 391 | 392 | 393 | 394 | 395 | 396 | 397 | 398 | 399 | 400 | 401 | 402 | 403 | 404 | 405 | 406 | 407 | 408 | 409 | 410 | 411 | 412 | 413 | 414 | 415 | 416 | 417 | 418 | 419 | 420 | 421 | 422 | 423 | 424 | 425 | 426 | 427 | 428 | 429 | 430 | 431 | 432 | 433 | 434 | 435 | 436 | 437 | 438 | 439 | 440 | 441 | 442 | 443 | 444 | 445 | 446 | 447 | 448 | 449 | 450 | 451 | 452 | 453 | 454 | 455 | 456 | 457 | 458 | 459 | 460 | 461 | 462 | 463 | 464 | 465 | 466 | 467 | 468 | 469 | 470 | 471 | 472 | 473 | 474 | 475 | 476 | 477 | 478 | 479 | 480 | 481 | 482 | 483 | 484 | 485 | 486 | 487 | 488 | 489 | 490 | 491 | 492 | 493 | 494 | 495 | 496 | 497 | 498 | 499 | 500 | 501 | 502 | 503 | 504 | 505 | 506 | 507 | 508 | 509 | 510 | 511 | 512 | 513 | 514 | 515 | 516 | 517 | 518 | 519 | 520 | 521 | 522 | 523 | 524 | 525 | 526 | 527 | 528 | 529 | 530 | 531 | 532 | 533 | 534 | 535 | 536 | 537 | 538 | 539 | 540 | 541 | 542 | 543 | 544 | 545 | 546 | 547 | 548 | 549 | 550 | 551 | 552 | 553 | 554 | 555 | 556 | 557 | 558 | 559 | 560 | 561 | 562 | 563 | 564 | 565 | 566 | 567 | 568 | 569 | 570 | 571 | 572 | 573 | 574 | 575 | 576 | 577 | 578 | 579 | 580 | 581 | 582 | 583 | 584 | 585 | 586 | 587 | 588 | 589 | 590 | 591 | 592 | 593 | 594 | 595 | 596 | 597 | 598 | 599 | 600 | 601 | 602 | 603 | 604 | 605 | 606 | 607 | 608 | 609 | 610 | 611 | 612 | 613 | 614 | 615 | 616 | 617 | 618 | 619 | 620 | 621 | 622 | 623 | 624 | 625 | 626 | 627 | 628 | 629 | 630 | 631 | 632 | 633 | 634 | 635 | 636 | 637 | 638 | 639 | 640 | 641 | 642 | 643 | 644 | 645 | 646 | 647 | 648 | 649 | 650 | 651 | 652 | 653 | 654 | 655 | 656 | 657 | 658 | 659 | 660 | 661 | 662 | 663 | 664 | 665 | 666 | 667 | 668 | 669 | 670 | 671 | 672 | 673 | 674 | 675 | 676 | 677 | 678 | 679 | 680 | 681 | 682 | 683 | 684 | 685 | 686 | 687 | 688 | 689 | 690 | 691 | 692 | 693 | 694 | 695 | 696 | 697 | 698 | 699 | 700 | 701 | 702 | 703 | 704 | 705 | 706 | 707 | 708 | 709 | 710 | 711 | 712 | 713 | 714 | 715 | 716 | 717 | 718 | 719 | 720 | 721 | 722 | 723 | 724 | 725 | 726 | 727 | 728 | 729 | 730 | 731 | 732 | 733 | 734 | 735 | 736 | 737 | 738 | 739 | 740 | 741 | 742 | 743 | 744 | 745 | 746 | 747 | 748 | 749 | 750 | 751 | 752 | 753 | 754 | 755 | 756 | 757 | 758 | 759 | 760 | 761 | 762 | 763 | 764 | 765 | 766 | 767 | 768 | 769 | 770 | 771 | 772 | 773 | 774 | 775 | 776 | 777 | 778 | 779 | 780 | 781 | 782 | 783 | 784 | 785 | 786 | 787 | 788 | 789 | 790 | 791 | 792 | 793 | 794 | 795 | 796 | 797 | 798 | 799 | 800 | 801 | 802 | 803 | 804 | 805 | 806 | 807 | 808 | 809 | 810 | 811 | 812 | 813 | 814 | 815 | 816 | 817 | 818 | 819 | 820 | 821 | 822 | 823 | 824 | 825 | 826 | 827 | 828 | 829 | 830 | 831 | 832 | 833 | 834 | 835 | 836 | 837 | 838 | 839 | 840 | 841 | 842 | 843 | 844 | 845 | 846 | 847 | 848 | 849 | 850 | 851 | 852 | 853 | 854 | 855 | 856 | 857 | 858 | 859 | 860 | 861 | 862 | 863 | 864 | 865 | 866 | 867 | 868 | 869 | 870 | 871 | 872 | 873 | 874 | 875 | 876 | 877 | 878 | 879 | 880 | 881 | 882 | 883 | 884 | 885 | 886 | 887 | 888 | 889 | 890 | 891 | 892 | 893 | 894 | 895 | 896 | 897 | 898 | 899 | 900 | 901 | 902 | 903 | 904 | 905 | 906 | 907 | 908 | 909 | 910 | 911 | 912 | 913 | 914 | 915 | 916 | 917 | 918 | 919 | 920 | 921 | 922 | 923 | 924 | 925 | 926 | 927 | 928 | 929 | 930 | 931 | 932 | 933 | 934 | 935 | 936 | 937 | 938 | 939 | 940 | 941 | 942 | 943 | 944 | 945 | 946 | 947 | 948 | 949 | 950 | 951 | 952 | 953 | 954 | 955 | 956 | 957 | 958 | 959 | 960 | 961 | 962 | 963 | 964 | 965 | 966 | 967 | 968 | 969 | 970 | 971 | 972 | 973 | 974 | 975 | 976 | 977 | 978 | 979 | 980 | 981 | 982 | 983 | 984 | 985 | 986 | 987 | 988 | 989 | 990 | 991 | 992 | 993 | 994 | 995 | 996 | 997 | 998 | 999 | 1000 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|



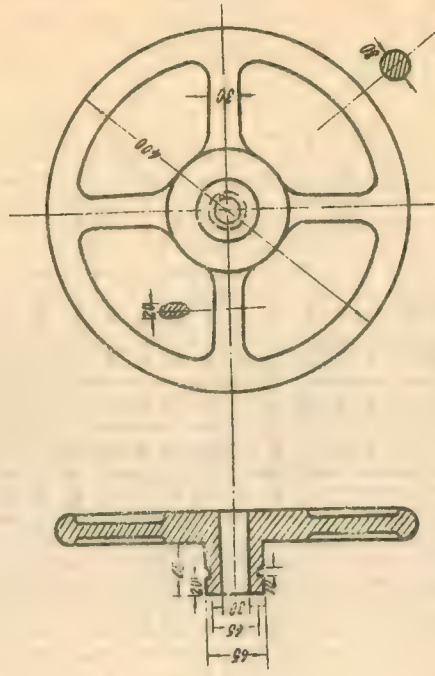
卷之四



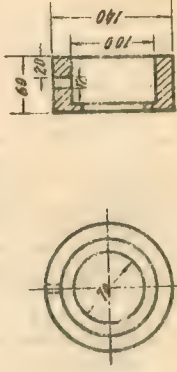
調速器標盤座(針軸)



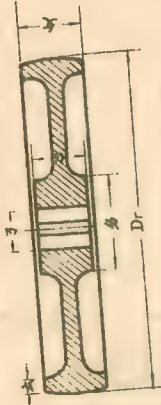
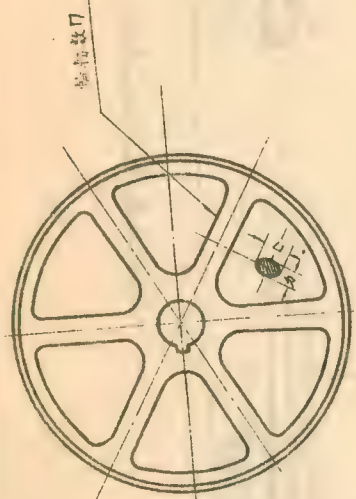
支 承 环 (铸 铁)



手 鞦 (鑄鉄)



20--15



| 型號 | 大皮帶輪 | | | | | 小皮帶輪 | | | | |
|----|------|-----|----|----|-----|------|-----|-----|-----|---|
| | Dr | 外口 | 內口 | 寬度 | 力 | Dr | 外口 | 內口 | 寬度 | 力 |
| 32 | 110 | 104 | 8 | 25 | 100 | 200 | 84 | 360 | 138 | 4 |
| 33 | 167 | 168 | 6 | 25 | 100 | 200 | 135 | 360 | 121 | 4 |
| 34 | 157 | 158 | 6 | 25 | 100 | 200 | 127 | 400 | 207 | 4 |
| 35 | 173 | 202 | 6 | 25 | 100 | 200 | 162 | 400 | 162 | 4 |
| 36 | 184 | 130 | 6 | 25 | 110 | 220 | 104 | 250 | 169 | 4 |

注意：小皮帶輪

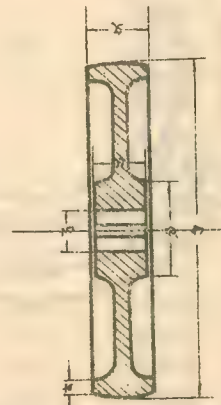
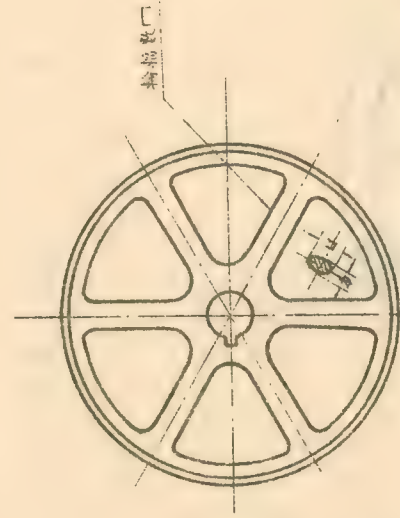
力=1.8~2.3

外口=1.5~1.83

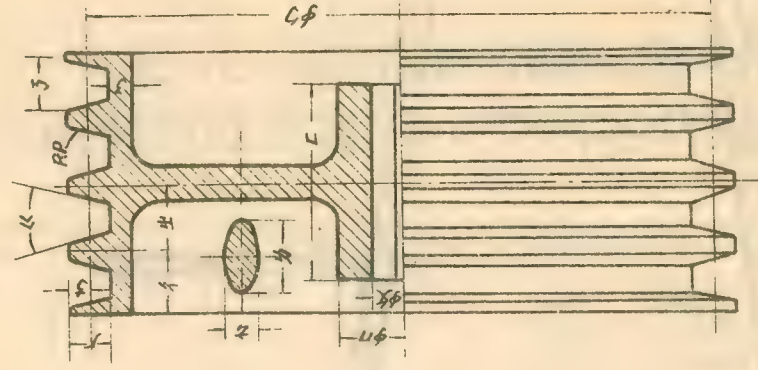
力=發電機軸直徑

左表中未列入的型號都需二次傳動，二次傳動的皮帶輪標準尺寸另列

20-10



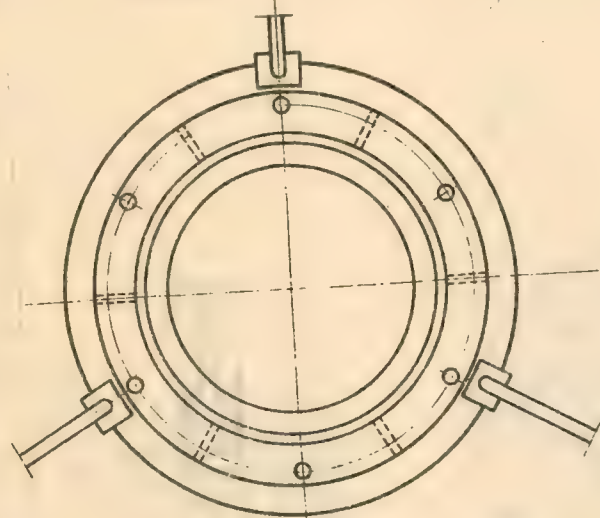
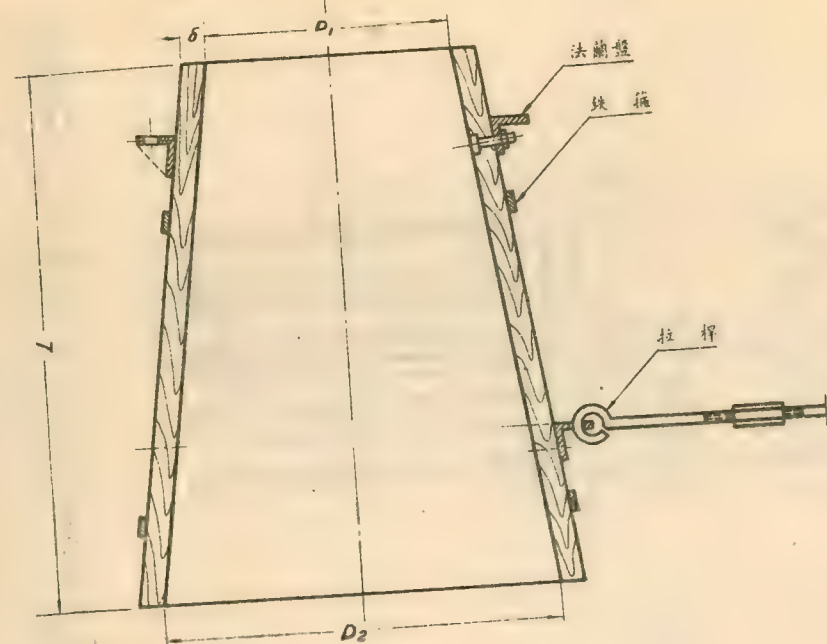
| 型號 | 大皮帶輪 | | | | | 小皮帶輪 | | | | | 最小中心距離 |
|----|------|-----|----|-----|----|------|-----|-----|-----|-----|--------|
| | Dr | 外口 | 內口 | 寬度 | 力 | Dr | 外口 | 內口 | 寬度 | 力 | |
| 37 | 1200 | 200 | 6 | 110 | 44 | 8 | 110 | 196 | 176 | 500 | 200 |
| 38 | 1400 | 150 | 6 | 160 | 60 | 9 | 110 | 198 | 176 | 630 | 350 |
| 39 | 1000 | 200 | 6 | 124 | 50 | 8 | 120 | 216 | 182 | 350 | 200 |
| 40 | 1200 | 150 | 6 | 160 | 64 | 9 | 120 | 216 | 182 | 630 | 350 |



| 型號 | 三角皮帶 | | | | | 三角皮帶輪 | | | | | 最小中心距離 |
|----|------|-----|----|----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|--------|
| | Dr | 外口 | 內口 | 寬度 | 力 | Dr | 外口 | 內口 | 寬度 | 力 | |
| 37 | 1200 | 270 | 15 | 30 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 38 | 1200 | 360 | 7 | 10 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 39 | 1200 | 360 | 9 | 10 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 40 | 1200 | 360 | 8 | 10 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

注：小三角皮帶輪的Dr，門身直徑，均按標準尺寸。

20-17



尾水管進口直徑 D_1 = 底環內徑
 尾水管出口直徑 $D_2 = 2\sqrt{\frac{Q}{\pi V_{\max}}}$
 最小尾水管長 $L = H - h_0 + 0.30$ 公尺

$V_{\max} \leq (0.5 \sim 0.7) \sqrt{H}$
 h_0 = 水輪室水深

十一、已成小型水电站圖紙彙集說明及 利用渠道跌水建筑小型水电站設計示例

| 圖 号 | 水 头 (公 尺) | 流 量 (秒公方) | 出 力 (瓩) | 电 站 形 式 |
|-----|-------------------|-----------|---------|--------------|
| 1 | 1.5 | 2.7 | 26.4 | 混合式 |
| 2 | 2.0 | 6.0 | 35.0 | 引水道式 |
| 3 | 3.0 | 3.5 | 18.0 | 引水道式 |
| 4 | 1.8 | 3.0 | 21.0 | 引水道式 |
| 5 | 1.6 | 2.8 | 26.0 | 河床式 |
| 6 | 5.0 | 5.0 | 162.0 | 壩壩式 (灌溉渠道跌水) |
| 7 | 12.0 | 0.14 | 16.0 | 混合式 |
| 8 | 2.0 | 3.0 | 45.0 | 混合式 |
| 9 | 15.0 | 1.0 | 74.0 | 引水道式 |
| 10 | 10.0 | 1.5 | 100.0 | 引水道式 |
| 11 | 12.0 | 2.5 | 130.0 | 引水道式 |
| 12 | 3.0 | 1.0 | 20.0 | 引水道式 |
| 13 | 6.0 | 0.25 | 20.0 | 引水道式 |
| 14 | 11.7 | 3.67 | 264.0 | 引水道式 |
| 15 | 3.7 | 0.5 | 9.0 | 壩壩式 |
| 16 | 5.0 | 1.5 | 40.0 | 混合式 |
| 17 | 20.0 | 0.2 | 20.0 | 混合式 |
| 18 | 2.5 | 1.5 | 11.0 | 混合式 |
| 19 | 1.6 | 3.0 | 30.0 | 混合式 |
| 20 | 3.5 | 1.5 | 22.0 | 混合式 |
| 21 | 1.5 | 0.8 | 5.0 | 河床式 |
| 22 | 3.0 | 0.9 | 11.0 | 引水道式 |
| 23 | 30.0 | 0.07 | 15.0 | 引水道式 |
| 24 | 3.2 | 2.5 | 50.0 | 壩后式 |
| 25 | 5.0 | 6.0 | 180.0 | 引水道式 |
| 26 | 5.6 | 3.9 | 142.0 | 混合式 |
| 27 | 20.0 | 2.5 | 400.0 | 混合式 |
| 28 | 4.5 | 4.0 | 100.0 | 壩壩式 |
| 29 | 6.0 | 2.5 | 100.0 | 壩壩式 (渠道跌水) |
| 30 | 10.0 | 0.75 | 50.0 | 引水道式 |
| 31 | 利用渠道跌水建筑小型水电站設計示例 | | | |

本彙集中收入的小型水电站的特点一般是：利用自然条件修建、就地取材、厂房結構簡單等，因此，适合于農村的条件。有些厂房采用了木結構，这在產木地区易于广泛采用，一方面可以節省投資，另一方面它的施工不大受气候条件的限制，在冬天可以在室内做好零件，到工地裝配一下就可以了。

收入本彙編的小型水电站的開發方式是多种多样的：有利用桥孔的；有利用跌水的；也有利用山溪中高水头小流量的；也有利用低水头大流量的。这些開發方式是适合于我國多种多样的自然条件的。因此都有参考价值。

它們的缺点也是不少的，这些都已叙述在以下各个电站的說明里，这里不再重复。

圖 1 說明

本电厂为堤壩混合式。自灌溉渠道上引水，电厂容量 26.4 瓩，設計水头 1.5 公尺，最大水头 2.0 公尺，最小工作水头 1.0 公尺，实际引用流量为 2.66 秒公方。电厂裝有二台 14.5 瓩的立式鉄制旋槳式水輪机，二台臥式發电机，二台手动的旋轉外罩式調速儀，二者通过齒輪与軸可以联动。

擋水壩为一木質溢流壩，基礎采用木籠石塊。

由于冬季水量不足，电厂附設一台煤气机。本电厂还進行榨油等副業生產。

本电厂的各项經濟指标为：每裝机瓩价值 1,180 元，成本 0.12 元，实售电价为每度 0.44 元（或每月每 15 瓦 1.25 元）。电价比成本貴很多，原因是火电成本較高，每度达 0.37 元。

电厂直接運轉人員共 5 人，間接運轉人員 3 人，每天運轉 6 小时，主要用戶为照明用电。

本电厂的优点为：

(1) 樞紐布置較合理。它利用了原有水碾碾址，將原引水渠道稍为疏浚而成，引水道較直，水头損失較小，同时排洪道也具有足够的泄洪能力；

(2) 具有較永久性的水工建築物，如木質溢流壩基礎采用木籠石塊，这样年修理費用很少，而建築物投資也不貴。

本电厂的缺点为：

(1) 尾水管入水深度不够，因此在下游水位稍为降低时，尾水管出口即露出水面，進入空气，降低出力。同时尾水管無擴散角度，不能很好地恢复动能；

(2) 厂房地板高程过低，加上擋水壩的木疊梁閘門啓閉不灵，所以洪水來臨或机組突然停开时，渠道中會發生壅水現象，水会淹入厂房。若在擋水壩上用一個電動控制閘板，則操作就灵活得多。溢洪壩离电厂太远，管理不便。

圖 2 說明

此为一自大河中引水的引水道式电厂，电厂容量設計为 60 瓩，实际目前出力僅达 35 瓩；設計水头为 4.0 公尺，流量为 10 秒公方，实际水头僅 2.0 公尺，流量約 5~6 秒公方。

本电厂为發電与碾米相結合，各用一台容量为 60 瓩的立軸木制旋槳式水輪机，在發電部分，又另备一台直徑为 80 公分的小木質水輪机，帶动一 2.5 仟伏安的單相

直流电机，供厂內照明和劇場照明等，这样当白天这些用戶需电时，不必开大机組。水輪机無調速設備。

本电厂的特点为充分利用当地材料，如進水口樞紐布置圖中所示，用竹席与木支撐所造的攔水建築物很經濟。由于电厂本身是建筑在洪水灘地上，灘地坡降約 2.5%，为了獲得水头，在引水渠進入电厂之前，建了一个人工蓄水库，它是利用河灘中的砂石圍堤而成，造价很便宜。为了防止季節洪水冲坏圍堤，在圍堤外又建立了兩道砂石丁壩（如樞紐布置圖所示），使动水变成靜水。另外，在厂房建筑上，由于当地条石价錢較貴，混凝土更貴，所以該厂采用了自制的人造石（成分为石灰、砂石加水）。在机械設備上采用了自制的木質水輪机。

因此，本电厂的造价較低，每裝机瓩的投資为 470 元，成本为 0.11 元。在成本中，修理費用占的成分較大，这是由于本电厂在很多地方采用了非永久性的建築物，但从总的方面來看还是比较經濟的。

电厂運轉每天僅 6 小时，全部为照明用电。

本电厂的缺点为：

(1) 厂內沒有必要的儀表設備，例如發電机的电压表、电流表、周波表及励磁机的电压表和电流表等。同时本电厂連熔断器也沒有。缺乏必要的儀表設備，对發電机的安全及用电質量都有影响。

(2) 机組的效率很低，只有 20%~30%。这是由于水輪机制造得不好、沒有尾水管、水輪机室寬度不够和二次轉动等各种原因造成的。

圖 3 說明

此为一自大河中引水的引水道式电厂，电厂容量为 18 瓩，水头 3.0 公尺，流量約 3.5 秒公方。

引水方式为在大河中建一高 1 公尺左右的攔水堰，这个堰由木籠石塊作成。在引水渠口有一簡陋的進水閘，在洪水时用來控制進入渠道的水量。

厂房內設有一台法蘭西斯水輪机与一台木質旋槳式水輪机，容量各为 20 馬力左右，各帶动一台为 15 仟伏安的發电机及一台 3 仟伏安的發电机。本电厂結合碾米加工。用閘門調節流量。

厂房結構大部分为木結構，基礎为平鋪木条。建造时对基礎沒有开挖与处理。

本电厂的特点是就地取材。在厂房建筑上吸取了当地老鄉造房子的經驗，大胆嘗試。

本电厂的造价極低，每裝机瓩造价只有 272 元。

电厂缺点为：

(1) 碾米机与發电机放在同一房間內，很不方便。同时碾米时灰塵很多，不利于發電机的絕緣保护，最好使碾米机与發电机互相隔开或分別在兩個方向；

(2) 發电机离牆壁很近，運轉人員無法檢查；

(3) 所用木質法蘭西斯水輪机的性能不好，轉速太低，結構笨重，机組效率極低。这是由于水輪机笨重，沒有尾水管和傳动設備所致。

圖 4 說明

本电厂为直接引用河水的引水道式水电厂，容量 21 瓩，水头 1.8 公尺，流量 3.0 秒公方。电厂与碾米加工相结合，二者隔开，互不影响。

电厂每装机瓩价值为 1,700 元，成本 0.38 元。

电厂在厂房布置上存在很大缺点：

(1) 水轮机调速仪与发电机配电板在两个房间，不但调速不便，而且必须要两个运转人员；

(2) 传动轴挡住走道，自发电机到调速仪必须跨过传动轴，易出危险。应该将发电机与配电板搬到外间来，同时将水轮机室上的房间扩大，以便于走路；

(3) 水轮机室宽度不够（应该有 3~4 倍水轮机直径，即应有 5 公尺，现只有 0.3 倍直径），尾水管太短，其出口离水轮机室底过近（这一距离最小应等于水轮机直径，但这里只有 0.3 倍水轮机直径），同时尾水管露出水面，影响水轮机的效率。

圖 5 說明

此为一不承受水压的河床式电厂，电厂容量为 26 瓩，水头 1.6 公尺，流量 2.8 秒公方。

电厂的修建利用了三个桥孔，将一个作为电厂尾水渠，其余二个作为泄洪闸。同时将电厂尾水与河中水流用竹篾石塊筑成的导墙隔开，并将尾水渠稍为挖深，取得水头。这种方式，适用于河面较宽、坡降不大的河流。

本电厂利用手推旋转闸门进行调速，比直升木闸门方便，在操纵闸门时，可同时看到配电板上的仪表，运转方便。

电厂每装机瓩价值约 400 元，成本不到 0.10 元。

下部木制轴承的形式对于泥砂较多的水中较为适合，因为这样使主轴不与任何固定的机件发生摩擦，不然主轴极易磨损。

由于建了电厂，洪水集中在二个桥孔中流过，所以二桥孔底部基础应很好加固。目前仅用竹篾石塊加固，桥脚已被冲刷。

圖 6 說明

本电厂利用了长达 7 公里半的灌溉引水渠道，获得了 5 公尺的水头，流量为 5 秒公方，电厂容量 162 瓩。

厂内装有一台立轴旋桨式水轮机，用自动调速仪调速，一台由卧式改造成的立式发电机，用人字齿轮一次转动。

本厂的特点为利用了很多自动化装置，以减少人力。本厂试制成了自动电压调整器，又改造成了自动调速仪，创造了闸门的电动启闭、油循环系统、油指示灯、温度指示灯、水位指示灯和飞车保险等。他们还结合厂内布置的调整将每班运转人员自 6 人减为 2 人。

本电厂每装机瓩的价值为 230 元，成本为 0.07 元。

圖 7 說明

本电厂为混合式，利用瀑布落差发电。

电厂容量 16 瓩，水头 12 公尺，流量 0.14 秒公方。枯水流量无保证。

引水渠道（石头砌成）与木质水管的接头在悬崖上，人过不去，不易检查。

尾水管无扩散角度，不能利用通过水轮机以后的水能。

配电板与调速仪的距离较大，管理不便。如将机组安装在左边（向下游看），配电板调速仪布置在右边，则问题就解决了（此时引水渠也要向左移，木质水管也要加长些，但这样就安全多了）。

电厂每装机瓩价值为 900 元，成本 0.19 元。

圖 8 說明

本电厂为堤壩混合式，自灌溉渠道上引水发电。电厂容量 45 瓩，水头 2.0 公尺，流量约 3.0 秒公方。

厂内装有二台水轮机，总容量为 88 瓩，共同带动一台容量为 50 仟伏安的发电机，实际出力仅 45 瓩，所以水轮机设计容量过大，实际只要一台旋桨式水轮机即可。

由于洪水要淹没第一层厂房，所以将发电机和配电设备放在楼上。但调速仪的操纵则一个在楼上一个在楼下，很不方便。应把二个调速仪联动，只要一人在楼上操纵即可。

尾水管太短，同时淹没深度不够。水轮机室宽度也嫌小些。

避雷器为 6.6 仟伏，而发电机为 3.3 仟伏，所以避雷器不能保护发电机，尤其是没有变压器的高压出线，因而发电机曾遭过雷击。

圖 9 說明

此为一引水道式电厂，利用河道中的陡坡。电厂容量 74 瓩，水头 15 公尺，流量 1.0 秒公方。

由枢纽布置图可见，引水渠道弯曲太大，这是由于渠道沿线地质条件不好，极易坍方，不能建前池，所以把厂址放在这一地点。

进水口的两道进水闸只用里面的一道进水闸就够了，可以节省一道闸门。

传动设备采用三角皮带是合适的，因为厂房需要挖方，采用三角皮带可以节省厂房面积（虽然按它的传动比数而言应采用平皮带），以减少挖方。

输电电压 2,300 伏（发电机电压 2,300），输送距离约六公里。电压不足，应设升压站，并改用 6,000 伏电压输电。

电厂每装机瓩价值为 1,100 元，成本 0.09 元。

圖 10 說明

引水道式电厂，电厂容量 100 瓩，水头 10 公尺，设计流量 1.5 秒公方。在输电方面有与图 8 同样的缺点。

圖 11 說明

本电厂为引水道式电厂，水头 12 公尺，最大引用流量为 2.5 秒公方，平时为 1.3 秒公方。装设一组联动机，容量 130 瓩。供给城镇照明及小型工业用电，并与一个容量为 130 瓩的木炭发电机联合运转，本电厂年发电量为 680,000 度，年利用小时数达 5,100 小时。

本电厂布置比较紧凑，但配电板离手动调速器太远，又不是面对操作人员，因此工作不方便，配电板以放在操纵调速器的人的对面较好。

圖 12 說明

本电厂为引水道式，水头 3.0 公尺，水輪机容量約 20 瓩，發电机容量 18.5 仟伏安，轉速 1,800 轉/分，本厂加工間与發电机間分开是比較合適的。

圖 13 說明

实际利用水头 6.0 公尺，流量 0.25 秒公方，水輪容量 20 瓩（水輪机設計水头 9 公尺，設計流量 0.5 秒公方），發电机容量为 7.5 瓩，电能全部用于照明。最大負荷約 1.5 瓩。厂房全部为木結構。

缺点是，压力水管進水口上緣露出水面，尾水管出口亦露出水面，影响引水效率和水輪机效率。按技術要求，压力水管上緣至少应埋入水面以下 0.5 公尺，尾水管出口至少埋入水面以下 0.3 公尺。压力水管的弯曲处应有鎮墩。

水头为 6.0 公尺，可以不用压力水管引水而用开敞式水輪机室。

圖 14 說明

水头 11.7 公尺，容量 330 仟伏安，最大流量 3.67 秒公方，平均年發电量 408,000 度，利用小时数为 1,530 小时。供电对象为小城市照明和小型工業动力用电。

該厂缺点是：

(1) 厂房的附屬房間如文娛室等放在主厂房一起，使主厂房运轉时不安靜。修理間过大并单独設立工具間，因而增加了厂房的建筑面积；

(2) 二个机組放在二个厂房里，增加了厂房建筑面积，也增加了运轉人員和运轉費用；

(3) 發电机層太低，以致洪水时發电机出綫浸入水中而必須停止运轉。

圖 15 說明

本厂以碾米、磨粉为主，晚上附帶供应照明用电，照明共 30 多盞灯（每灯 25 瓦）。加工設備由水輪机直接帶动。水头 3.7 公尺，水輪机出力 12 馬力，發电机容量 2.5 仟伏安。厂內另設有 10 馬力木炭机，当上游灌溉用水时，电厂水量不足即用木炭机發電。

它的缺点是：电厂的兩套（火电和水电）設備，并未增加电厂生產量，不經濟。从經濟利用設備的观点來看，應該擴大非枯水期的加工量和用电量，充分利用木炭机。在枯水期，就在晚上停止部分加工而專門供給照明。

圖 16 說明

水头 5 公尺，水輪机容量 44 瓩，帶动兩部發电机，每部 20 瓩。

它的缺点是：

(1) 發电机为直流，电压太低，因此不能做較远距离的輸电；

(2) 一个水輪机帶两个發电机，增大了厂房面積，并不增加多少运轉的可靠性，也不增加發电机效率（發电机效率变化極小）。

圖 17 說明

水头 20 公尺，容量 25 仟伏安，引用流量 0.2 秒公方，平均年利用小时数为 1,815 小时（按 1952~1954 年三年的統計）。电力用于碾米和小城鎮照明。

水輪机一台是自己設計的輻流式水輪机，直徑 23 公分，轉速 1,100 轉/分，效率

70% 左右。

它的缺点是：

(1) 厂房面積还可以大大縮小；

(2) 尾水管太短，出口未沒入水中，应加長尾水管或降低水輪机安裝高程。

圖 18 說明

本电站利用水头 2.5 公尺，引用流量 1.5 秒公方。采用了上冲式水輪机，它的直徑为 2.16 公尺（長 1.46 公尺）。水輪机出力 11.0 瓩。發电机容量为 14 瓩（实际出力僅 11 瓩）。

本电厂的缺点是：

(1) 上冲式水輪机效率过低，水力沒有充分利用。如改成木制旋槳式水輪机，可增加發电量至 28 瓩（可增加一倍）；

(2) 傳动設備变速次数太多，降低了水能利用率并增大了厂房建筑面积。

圖 19 說明

本电厂为水力發電和水力碾米合一的厂。水头 1.6 公尺，水輪机出力 30 瓩，發电机容量 2.5 瓩。其余为碾米用动力。

水輪机是旋槳式，轉子为鉄制，導水設備为木制。

它的缺点：發电机与碾米机放在一个房間內，不能保持發电机清潔，影响發电机安全运轉。

圖 20 說明

本电厂为混合式。容量 22 瓩，水头 3.5 公尺，流量 1.5 秒公方。

电厂裝有二台旋槳式水輪机，总容量为 33 瓩。但只一台容量 22 仟伏安的發电机。

电厂晚上运轉 6 小时，白天碾米，碾米机三台总容量 33 瓩。

水輪机的布置方式不好，二台水輪机并联在一根橫軸上，由于出力与轉速不相等，影响傳动齒輪与軸的受力不均。

配电板与机器的間距僅 0.5 公尺，运轉不便。

厂房高度不够。

無調速儀，用閘門調節流量。但閘門在厂房外面，重量又很大，运轉不便。

閘門高程不够。因此当突然关門时，渠道中水位突然上升。水淹过閘門，冲進水輪机室，水輪机重新开动，很危險。由于沒有前池設備，故停車时壅水很高。

本电厂是低压輸电，但送电距离远达 3 公里，故电压損失达 30%~40%，灯光不亮。应加裝升压和降压設備。

圖 21 說明

本电厂为河床式，容量 5 瓩，水头 1.5 公尺，流量 0.8 秒公方。

厂內裝有一台木質法蘭西斯型水輪机。

由于水輪机轉速太低（僅 45 轉/分），發电机有 1,500 轉，傳动比数达 33，所以采用木質法蘭西斯水輪机不合適。

水輪机室基礎用圓木鋪底，由于圓木間距稍大，又加上是軟基，故基礎刷深約 30

公分，危及边坡的安全。

本电厂的特点为水轮机結構很简单，水轮机轉子、導水叶、主軸和傳动齒輪都用木制。無上部推力軸承，僅用下部一个嵌入木梁中的六角鉄承担水轮机的全部重量。所有这些东西都是可以就地取得的。它的缺点是笨重，且效率低。

圖 22 說明

本电厂为引水道式，利用灌溉渠道上的坡降取得水头。电厂容量 11 瓩，实际利用水头 3.0 公尺。流量 0.9 秒公方。

本电厂在土木結構上多半是利用旧木料建筑，并尽量使用了三合土，条石与磚都用得極少（如水轮机室，磚与条石僅用以护面），因此造价較便宜。

电厂应有的水头为 4.8 公尺，实际利用水头只有 3.0 公尺，这說明电厂存在二个問題：

(1) 水進入水轮机室时水头損失太大（由于閘門調節流量及進入水轮机室时的坎太高）；

(2) 水轮机效率較低。当水头为 4.8 公尺时过水能力大于 0.9 秒公方，因而水轮机室中水裝不滿。在这种情况下，采用法蘭西斯水轮机可能好些。

配电板上的变阻器应放在配电板正面，以便于調節。

电厂每裝机瓩投資为 700 元，成本每度 0.95 元，这是由于电厂人員过多（达 7 人之多）及年發電量过小的緣故。

圖 23 說明

这是一个利用山溪泉水建筑的水电厂。水头 30.0 公尺，出力 15 瓩。裝有一台 15 瓩的兩击式水轮机及橫軸發电机机組，厂內布置很简单，水轮机和發电机用三角皮帶傳动。它的优点是厂房很緊湊簡單。宜于高水头的小型水电厂参考用。

圖 24 說明

本电厂为壩后式，容量 50 瓩，水头 3.2 公尺。

厂房为井式，机电設備分三層布置，運轉非常不便。上下樓梯不宜采用攀梯，因为運轉人員上下不便攜帶工具，同时易發生人身事故。

發电机層樓板应全部鋪好，这样可將配电板移至發电机層，同时可增加安全。若傳动設備改为三角皮帶，并采用立式發电机，則全部設備都可移到第一層。

电厂每裝机瓩价值为 1,200 元，成本 0.159 元。

圖 25 說明

本电厂为引水道式，容量 180 瓩，水头 5 公尺，流量 6 秒公方。

厂內裝有三个 60 瓩的机組，原來都用半交叉皮帶傳动，現在全部改用三角皮帶傳动，因此發电机与水轮机間距离自原來的 8 公尺左右縮至 1.8 及 2.1 公尺，節省厂房面積很大，同时運轉也方便很多。

机組数目过多，可减少为二个机組。

电厂每天運轉 24 小时，每裝机瓩价值为 1,200 元，成本 0.09 元。

圖 26 說明

本电厂为混合式，容量为 142 瓩，水头 5.6 公尺，流量 3.9 秒公方。

本电厂引水渠道为灌溉、發電合用。厂內裝有二个机組，一为旧有的，一为新裝的，故二机組容量与形式不同。立式机組厂房內布置較好。它的缺点为二机組分別在二个房間內。事实上可將新安的立式机組与旧机組裝在一个房間內。尾水渠可以擴大，以便共同使用。

由于河流水量大，攔河壩采用砌石壩（壩基与壩体采用干砌塊石，表面用漿砌条石）。

圖 27 說明

本电厂水头 20.0 公尺，引用流量 2.5 秒公方，电厂出力 400 瓩。

木質压力引水管長 50.6 公尺，直徑 1.1 公尺，管厚 5 公分（2 吋），鋼箍直徑 2 公分。木管弯曲处接以鋼管接头。本厂布置比較緊湊，設備也較正規。

圖 28 說明

本电厂利用已經建成的灌溉渠首攔河壩所造成的水头 4.5 公尺及灌溉引水后的剩余水量來發電。引用流量为 4.0 秒公方，水轮机設計出力为 100 瓩。水轮机为木制旋槳式，直徑 120 公分。全部按照苏联規格做成，使用情况良好。本电厂由于利用了已成工程及依靠了当地羣众出工出料和利用了旧發电机等方面，所以造价很低。

圖 29 說明

本电厂利用灌溉渠道上兩級連續跌水的 6 公尺水头和 2.5 秒公方的水量。水轮机出力 110 瓩，發电机出力 100 瓩。在布置上比較簡單，厂房面積也適當。它的供电对象是抽水用电、城市和鄉村照明、碾米和打谷用电。它的溢水建筑物利用了原有的跌水上的插板閘門，未另設建筑物。

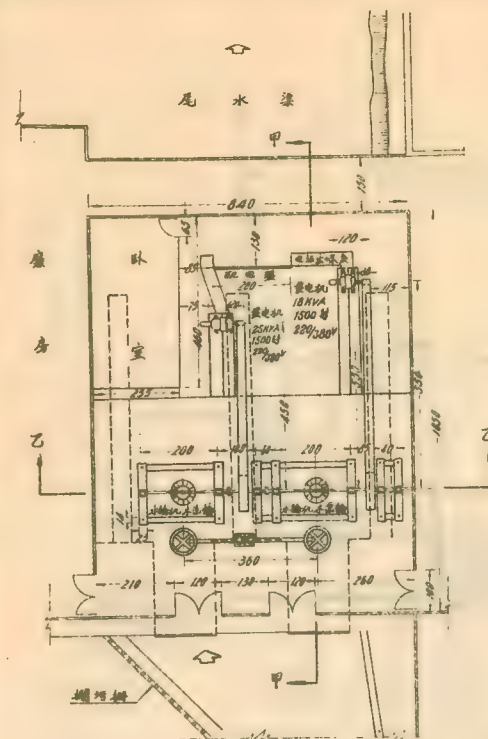
圖 30 說明

本电厂为一長引水道式水电厂，其引水渠道長达 2 公里。利用水头 10 公尺，引用流量 0.75 秒公方。水轮机設計容量为 50 瓩，發电机容量亦为 50 瓩。供給附近農村照明及石料加工用电。本厂的建筑主要是利用附近石料加工場廢弃的塊石，造价便宜。本电厂利用了木質压力水管。这种水管在非產木区，与鋼管比較并不便宜，而且寿命較鋼管短很多，不一定適用。木管僅適合于木材比較便宜的產木区附近采用。

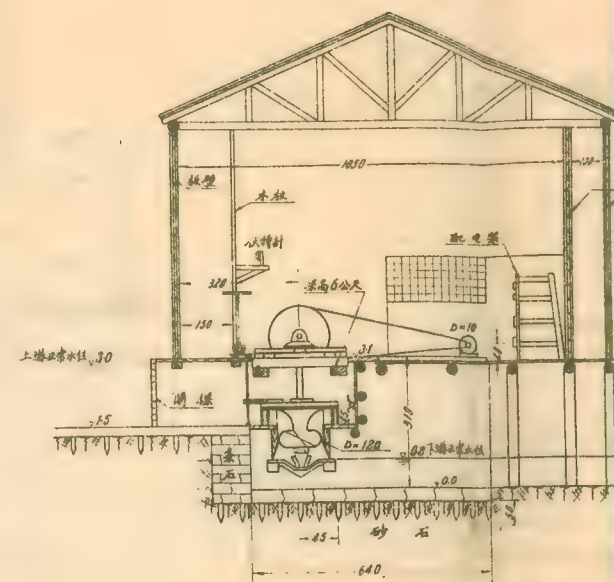
本电厂采用了兩击式水轮机，該水轮机構造簡單，制造方便，适于農村水电站应用。效率可达 80% 左右。

圖 31 說明

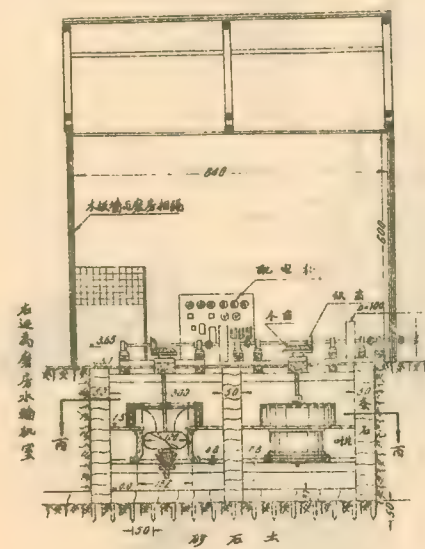
本电厂系利用渠道跌水建筑小型水电站的設計示例。



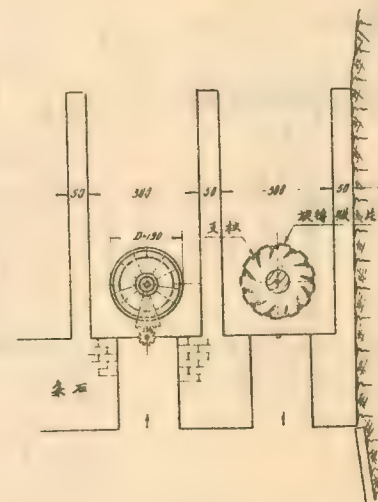
机房平面图



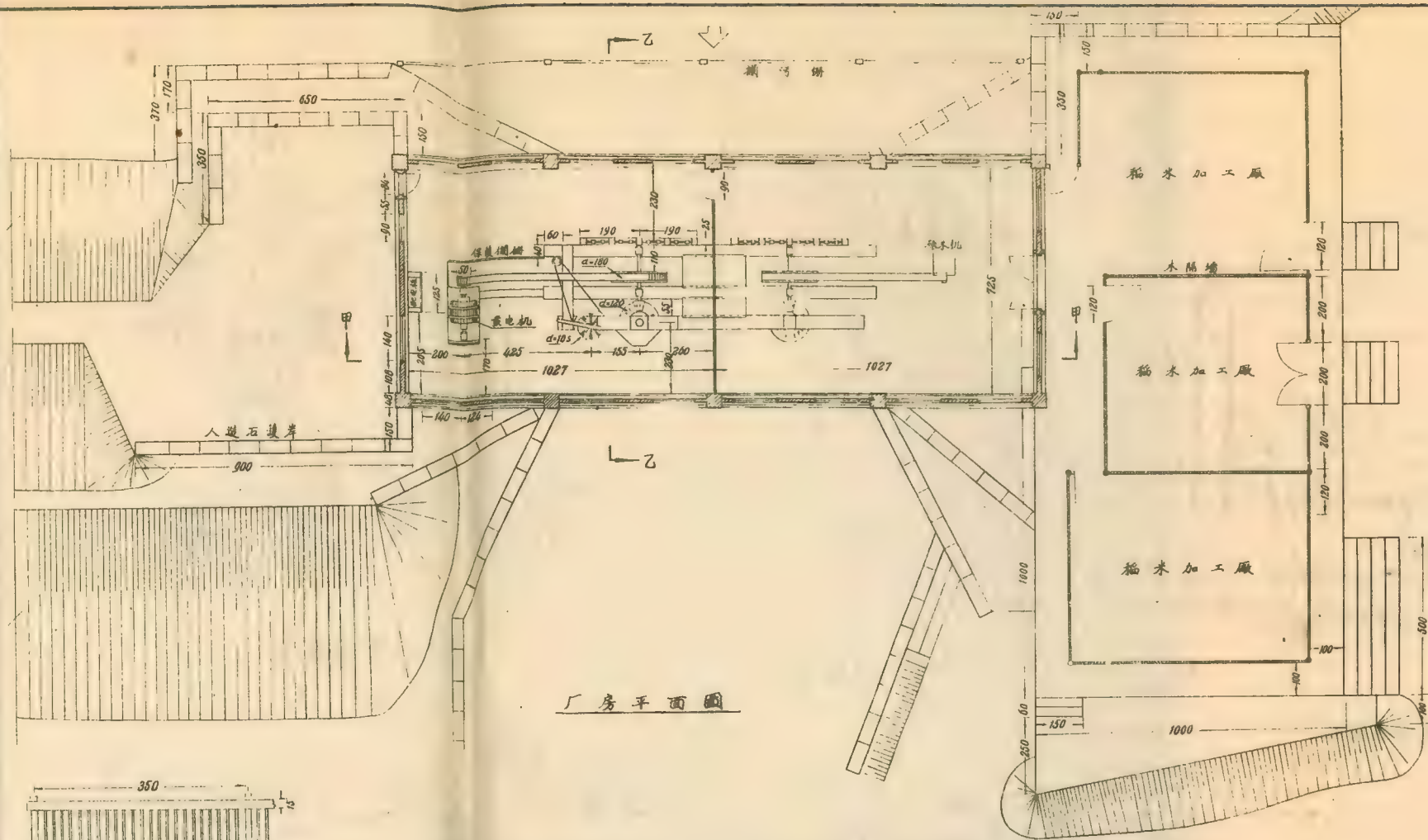
剖面甲—甲



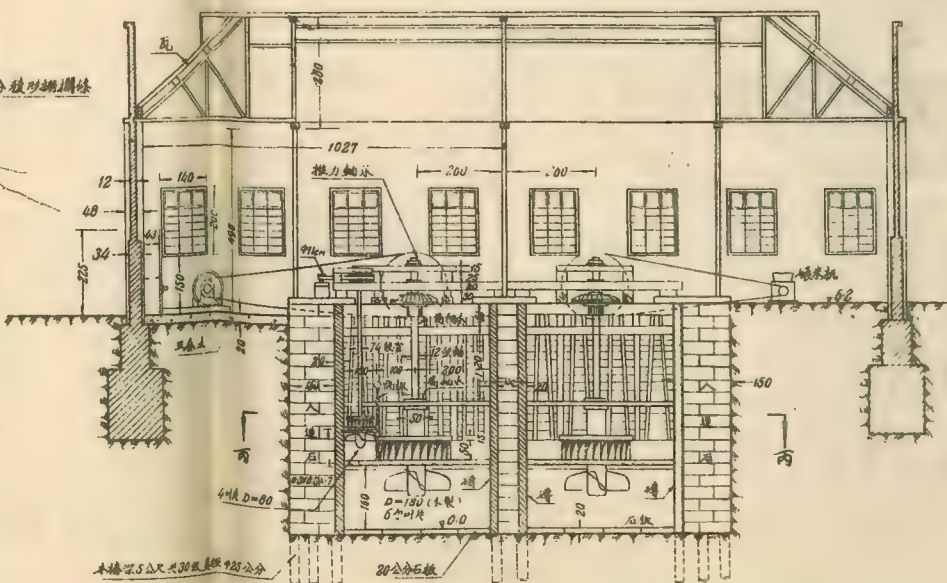
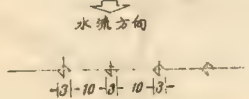
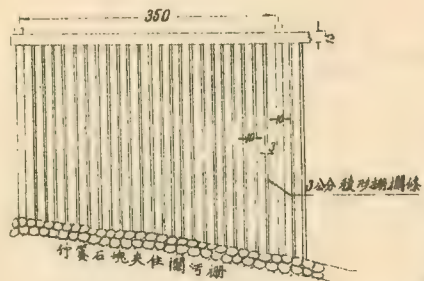
剖面乙—乙



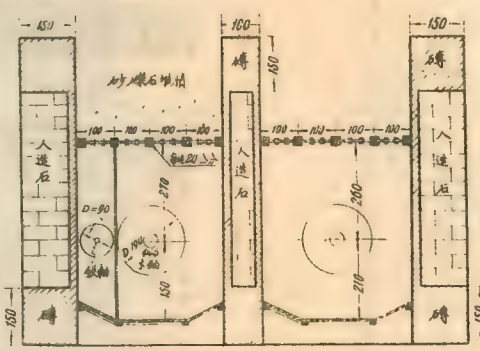
剖面丙—丙



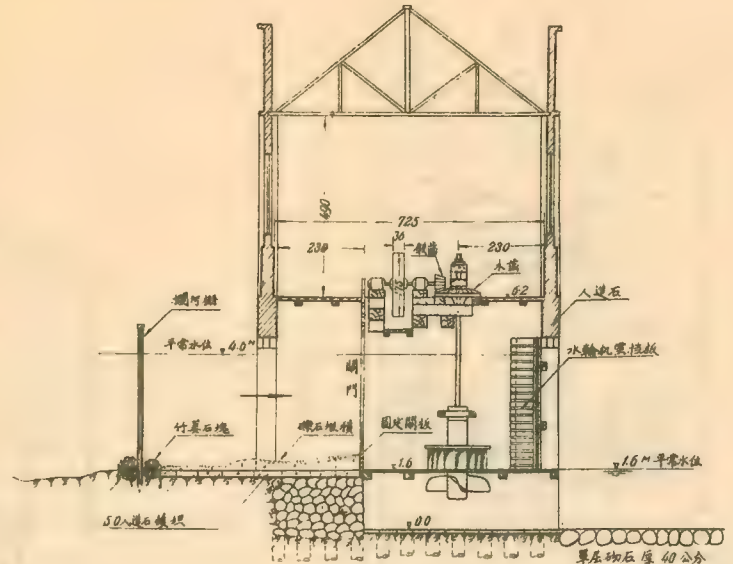
厂房平面图



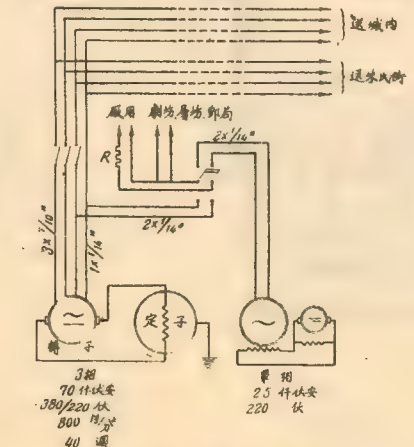
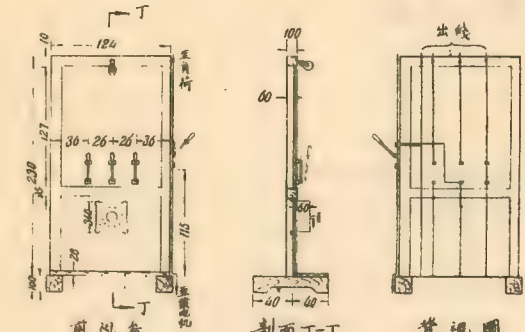
剖面甲-甲



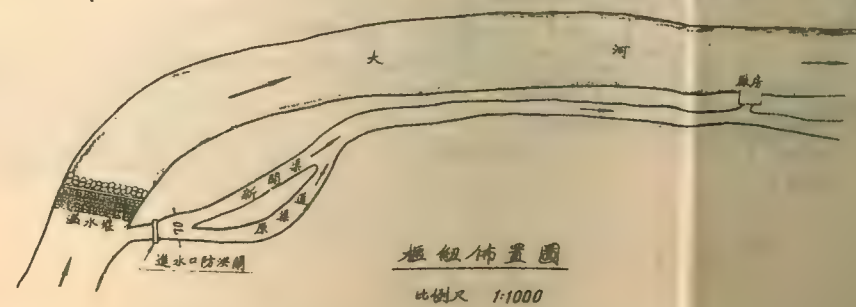
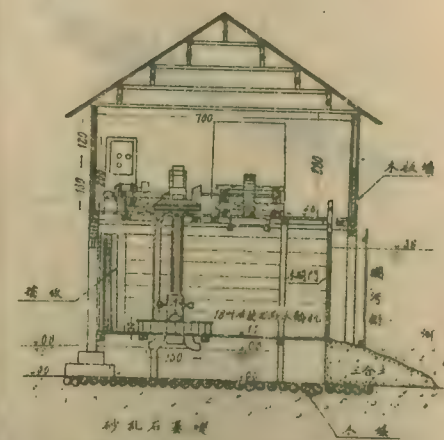
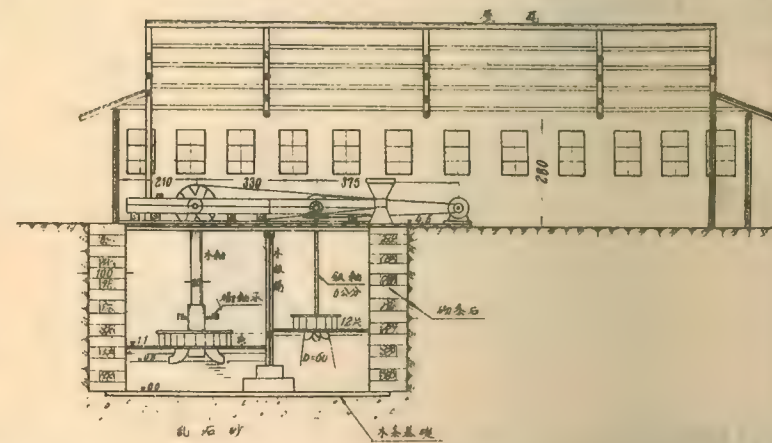
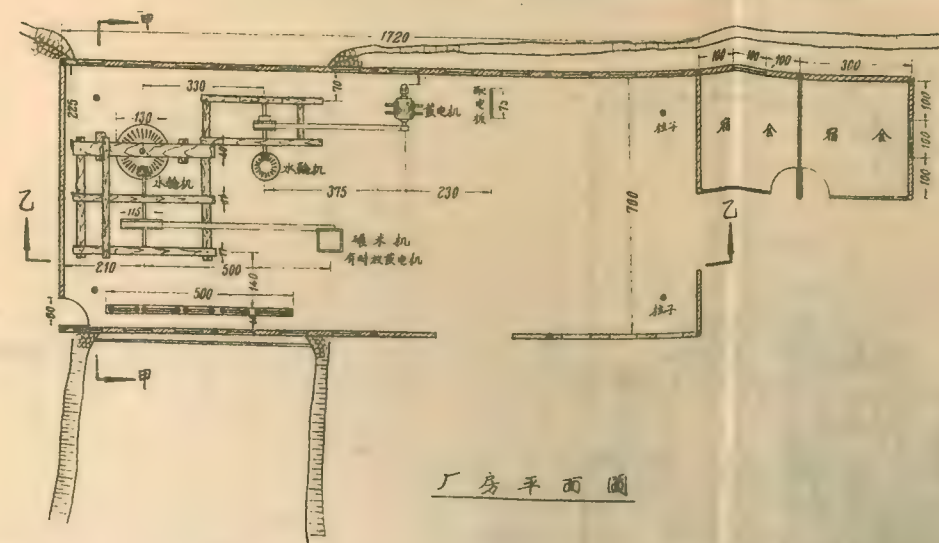
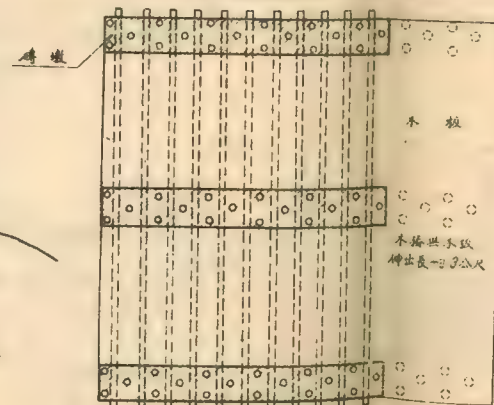
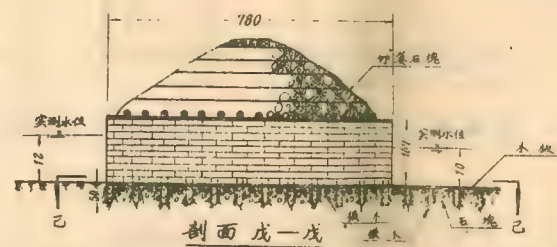
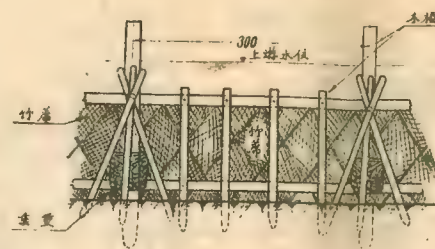
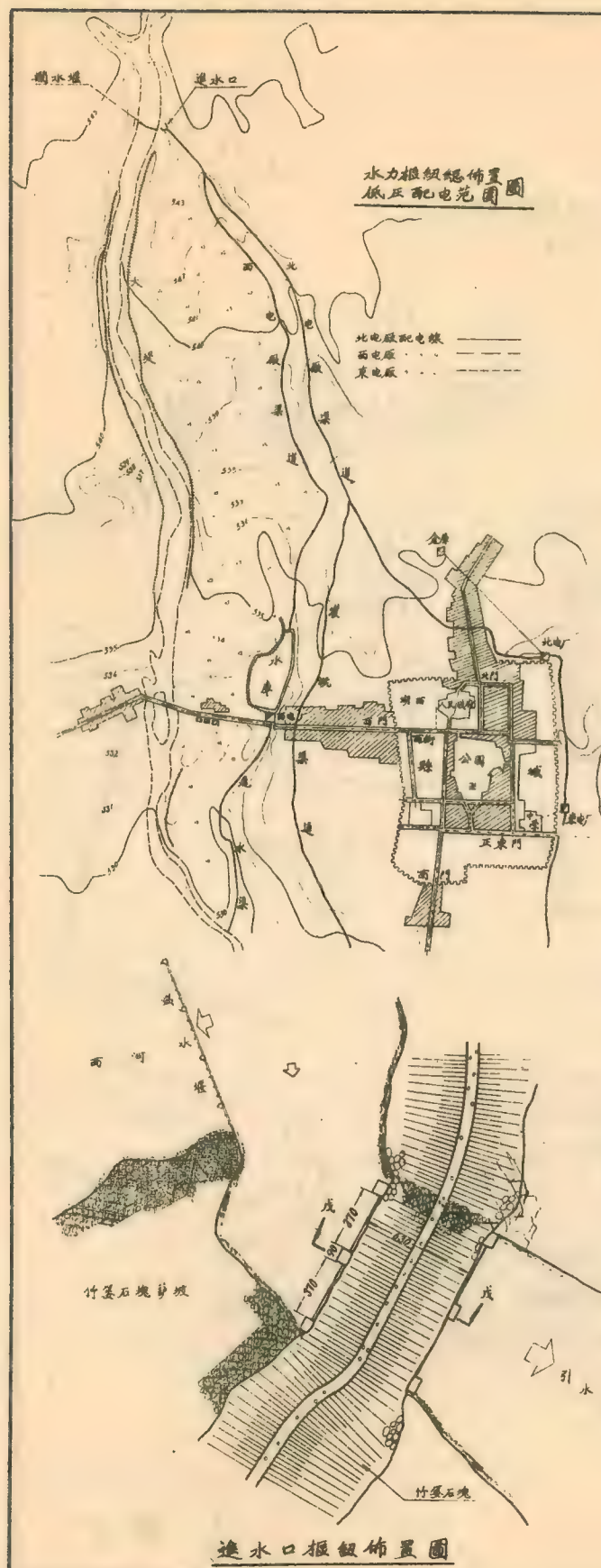
剖面乙-乙

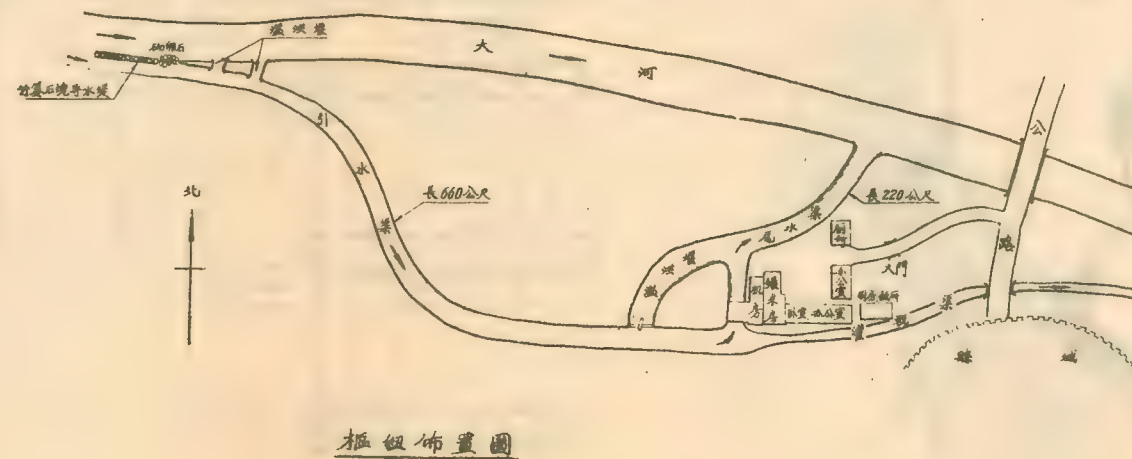
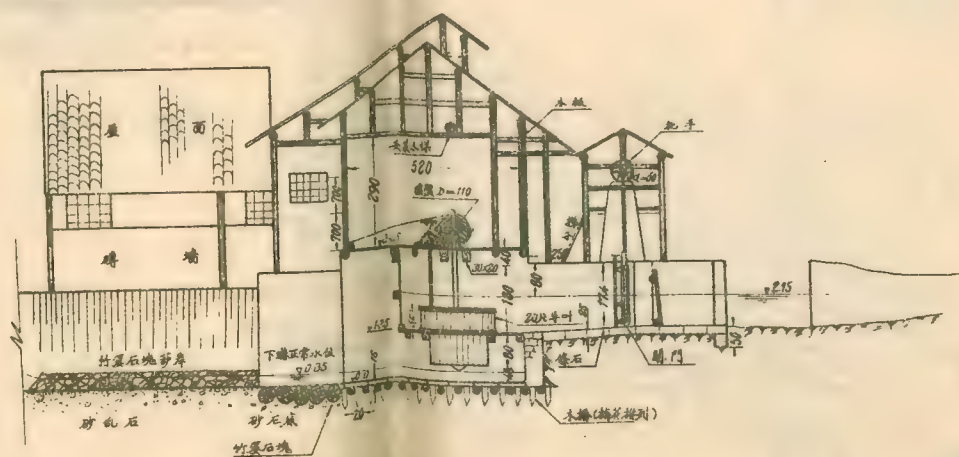
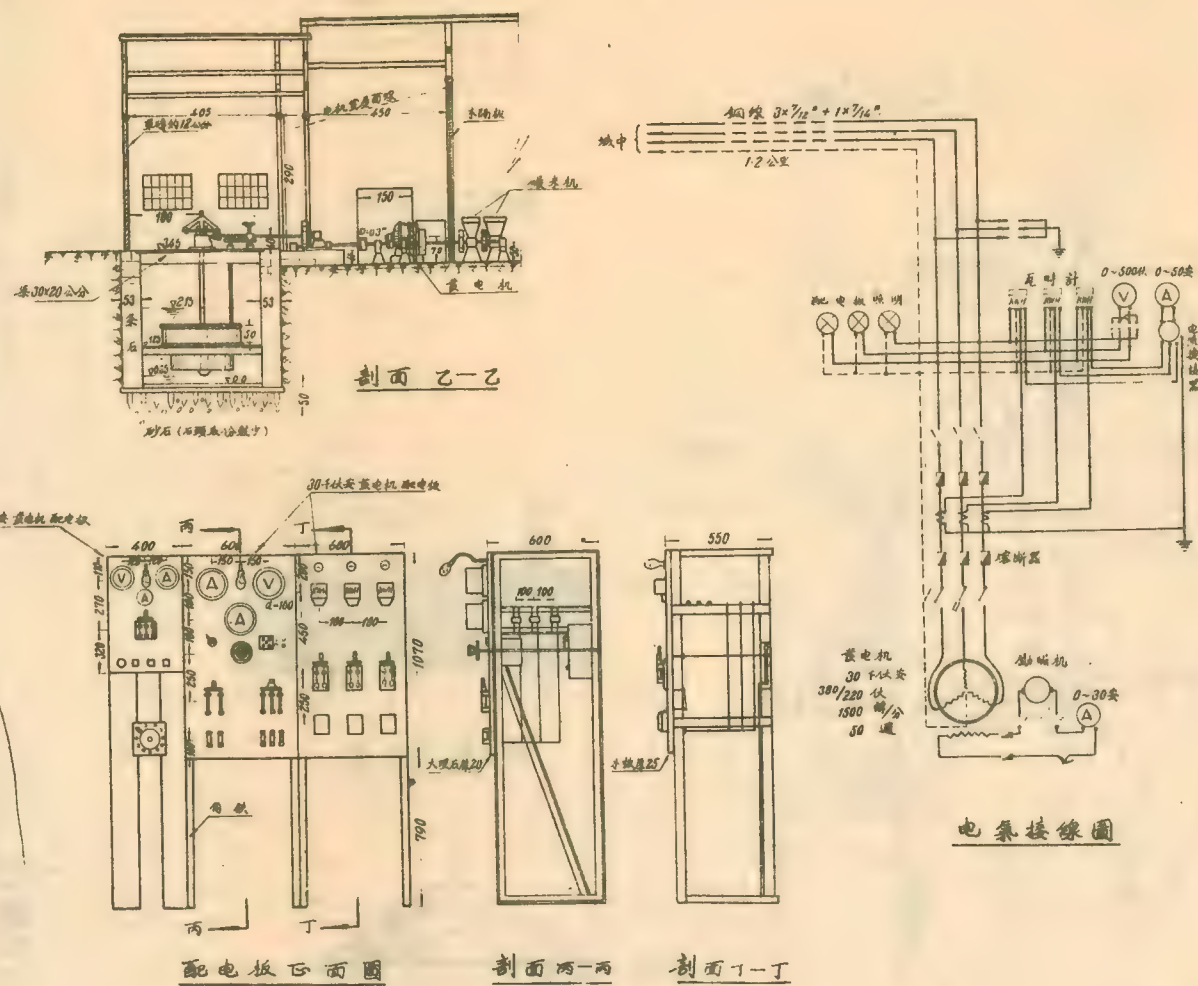
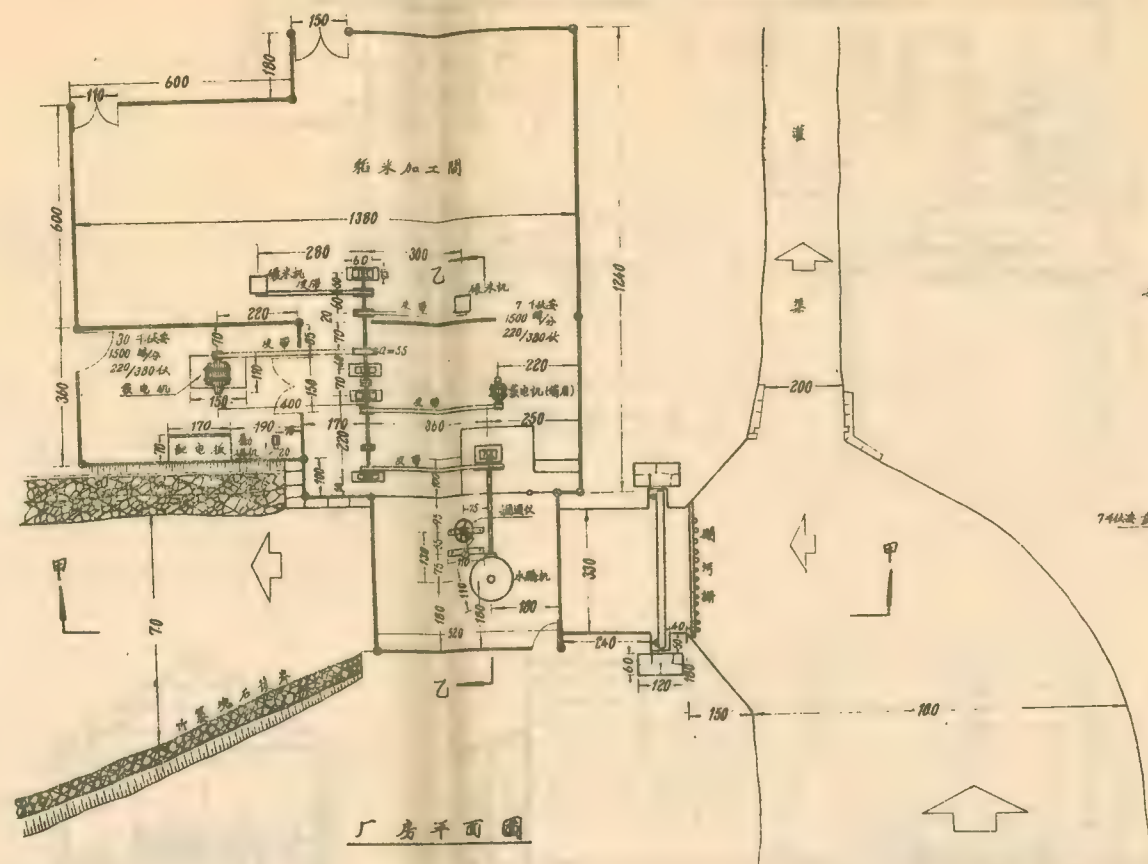


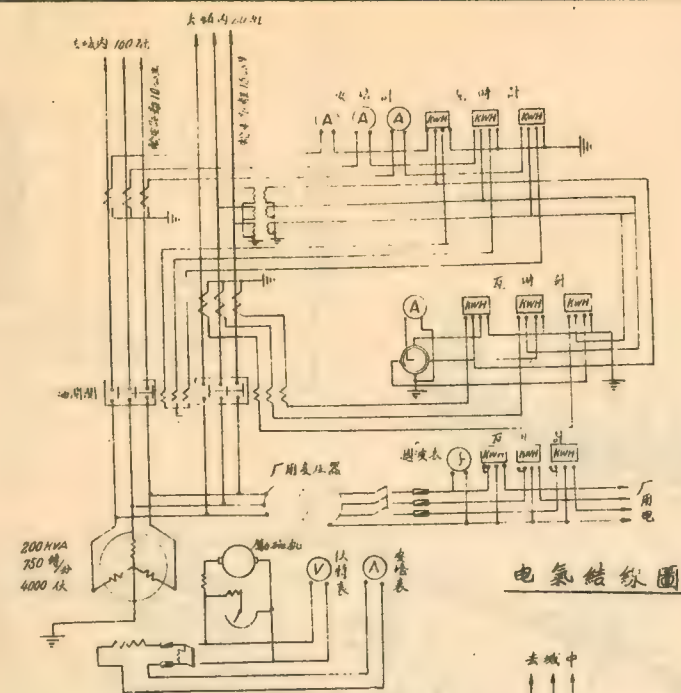
剖面丙-丙



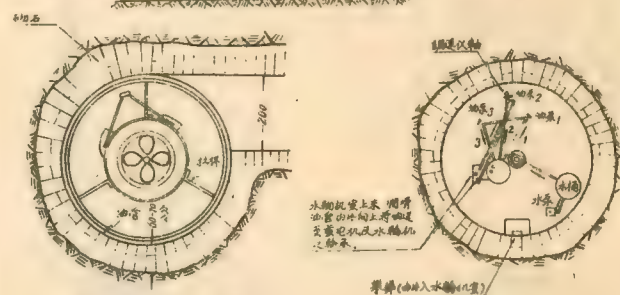
配電板及電氣接線圖



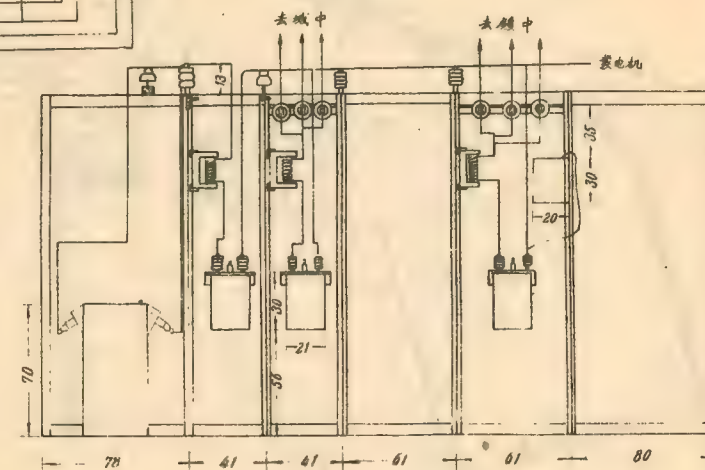




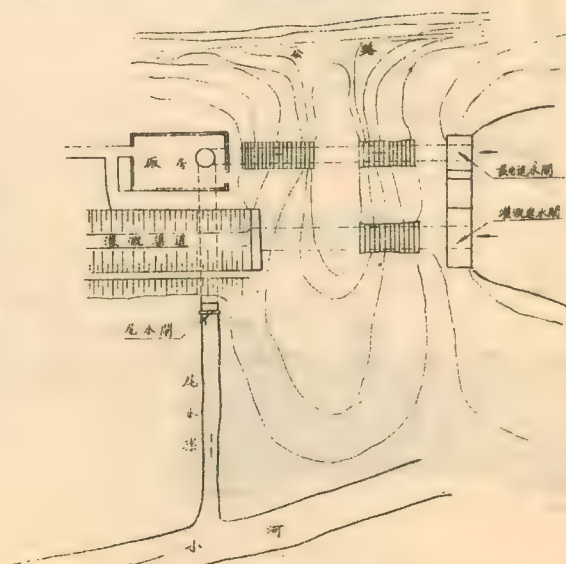
電氣結線圖



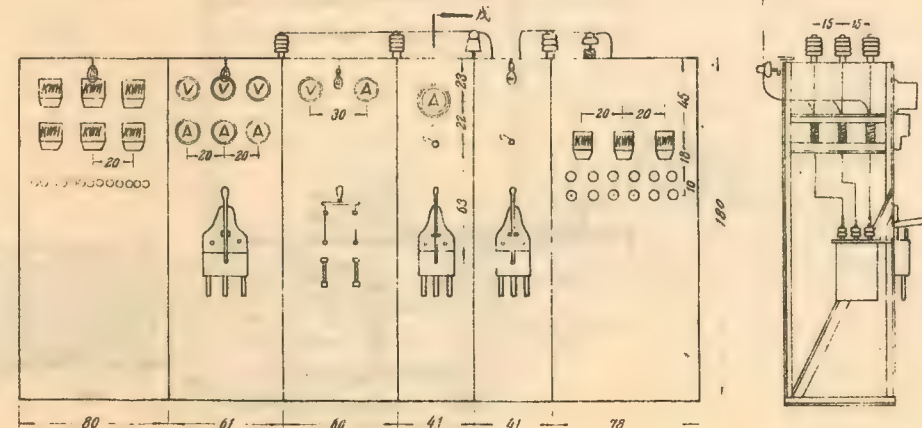
剖面 丙—丙



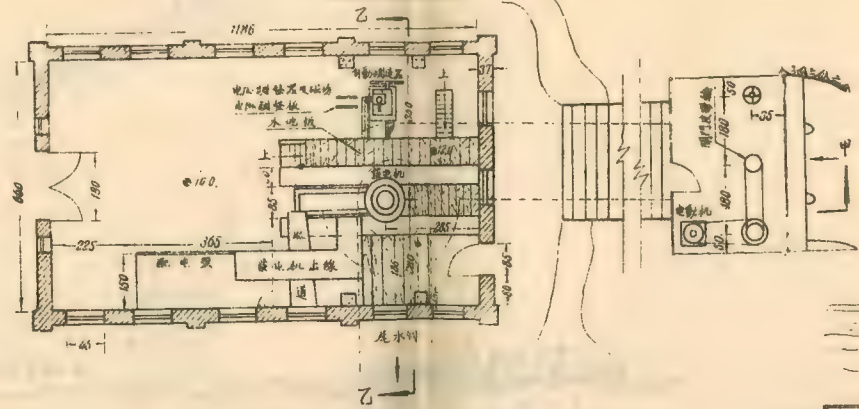
配电板背面圖



电厂枢纽布置图



剖面 戊—戊

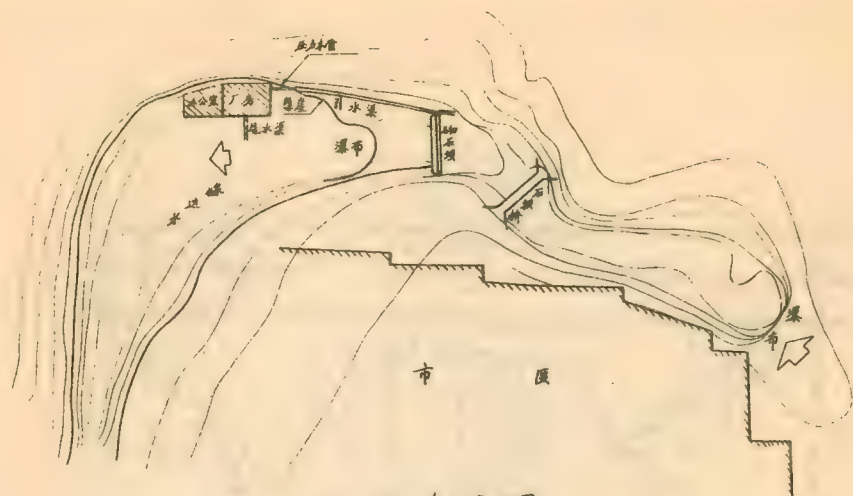


机 房 平 面 圖

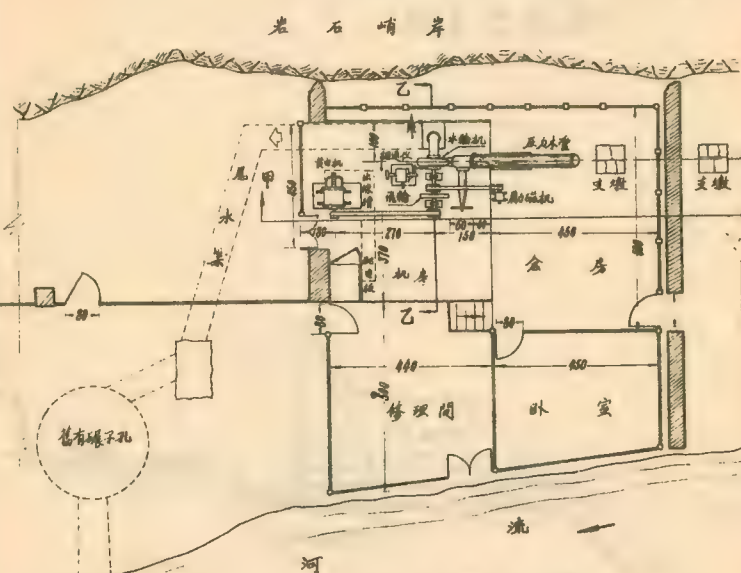


电厂位置及引水线路图

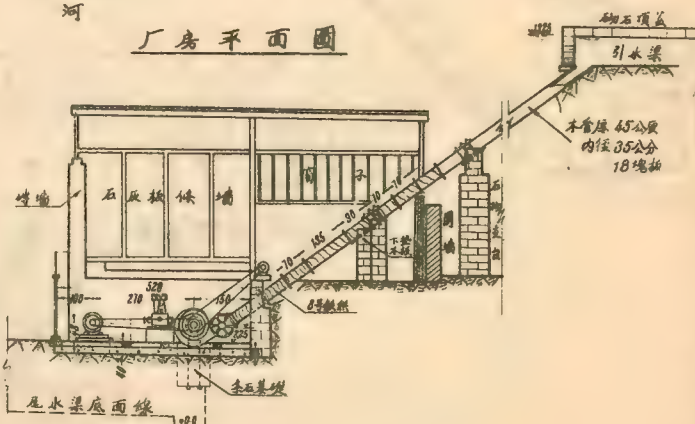
配电板立面圖



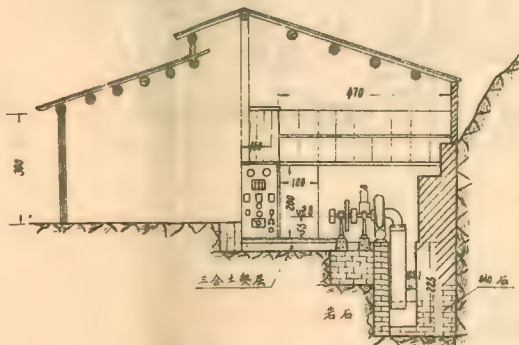
枢纽布置图



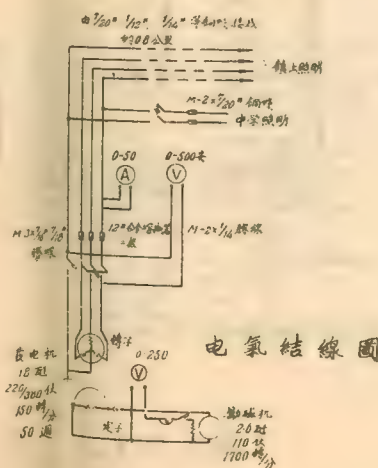
厂房平面图



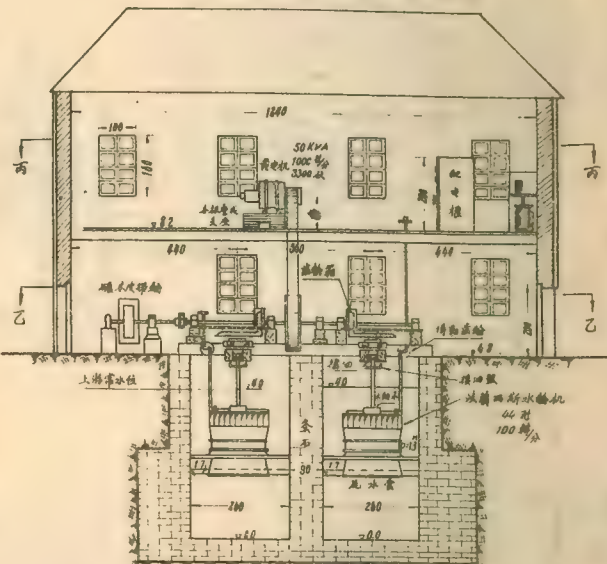
剖面 甲—甲



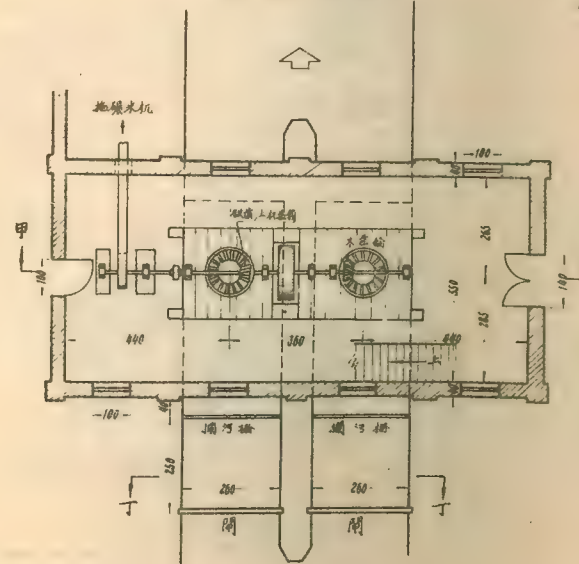
剖面 乙—乙



电气接线图



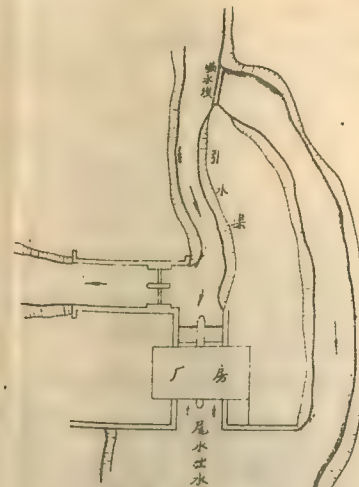
剖面 甲—甲



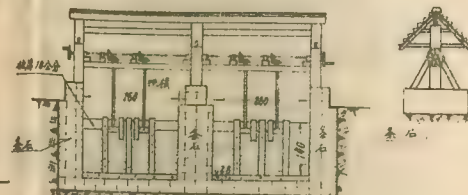
剖面 乙—乙



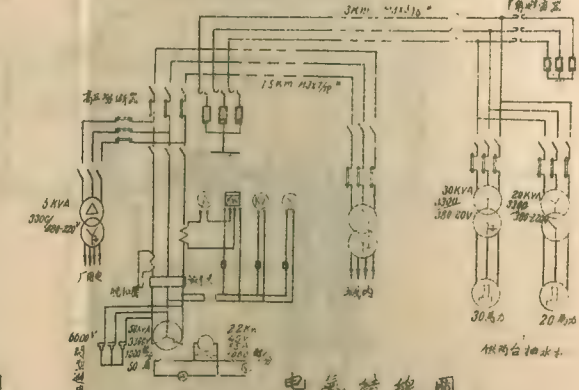
电厂位置及输电线路图



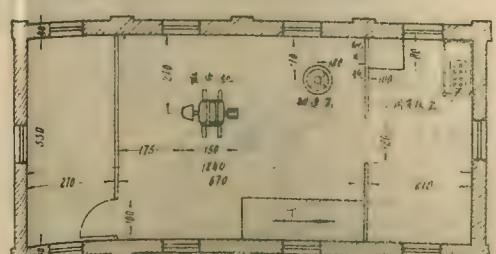
枢纽布置图



剖面 丁—丁



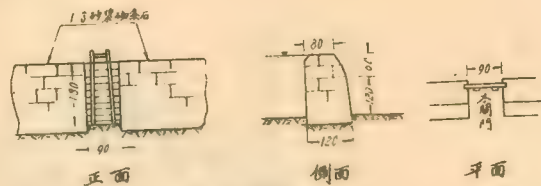
电气接线图



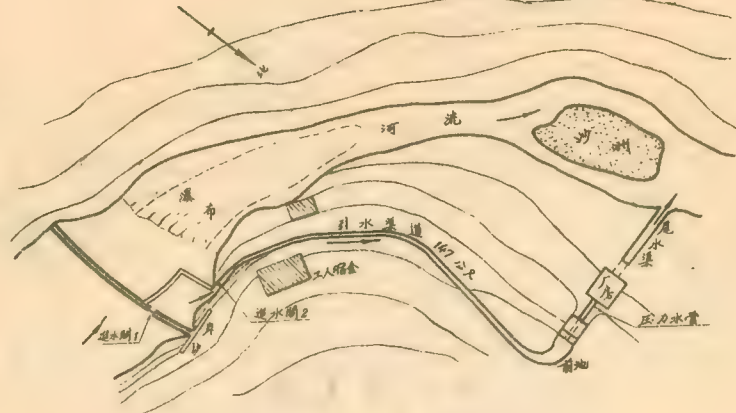
剖面 丙—丙



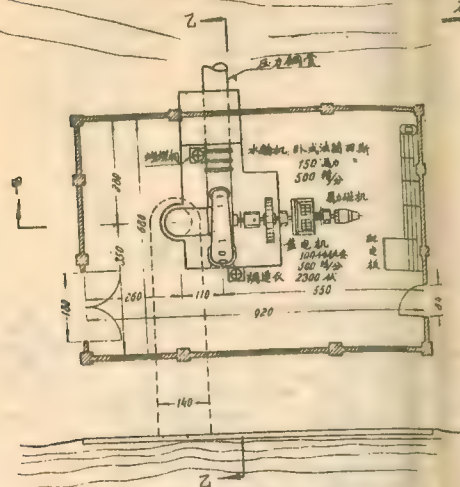
进水闸布置图



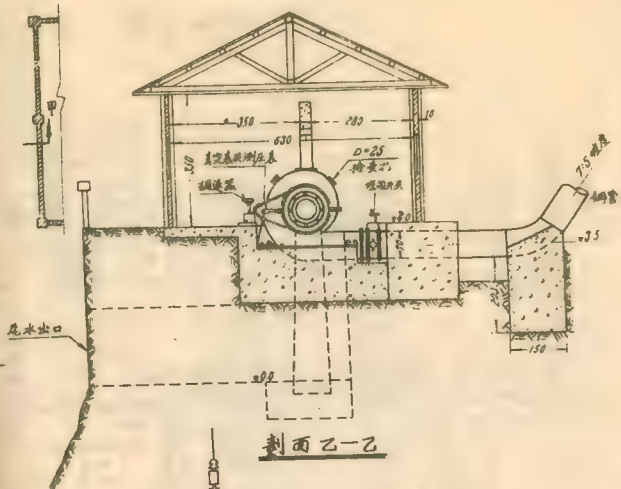
进水闸正面、侧面及平面



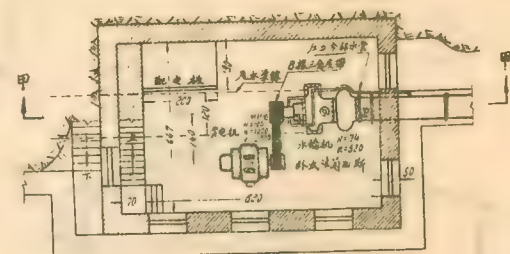
厂房布置图



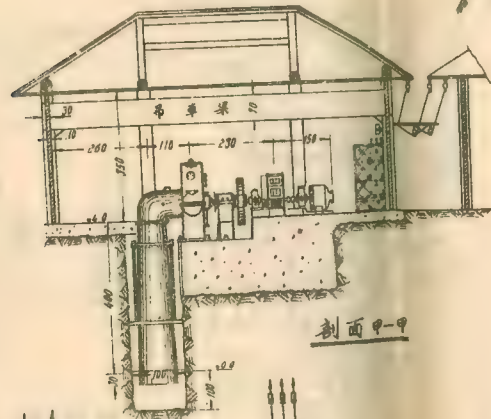
厂房平面图



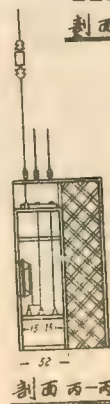
剖面乙-乙



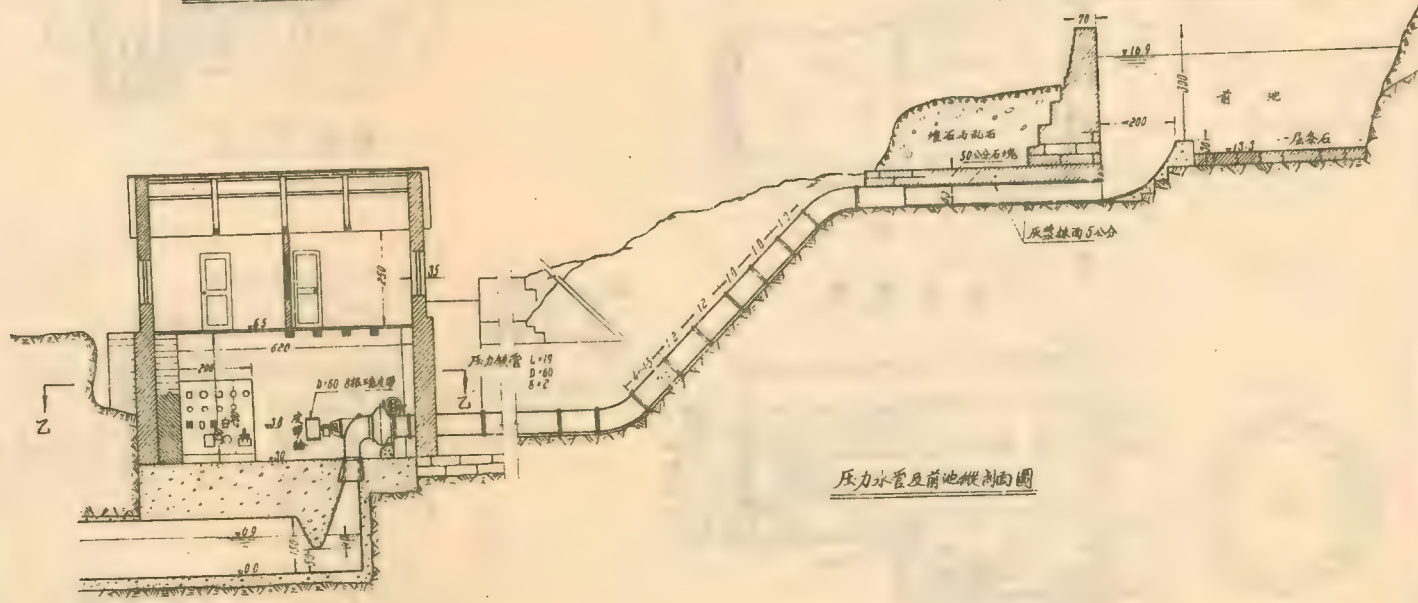
厂房平面布置图



剖面甲-甲

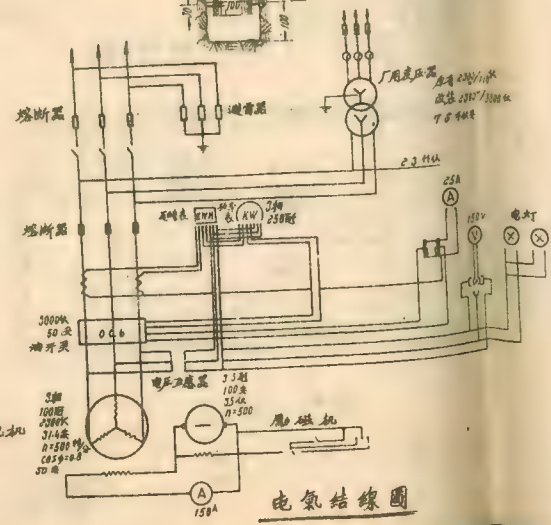


剖面丙-丙

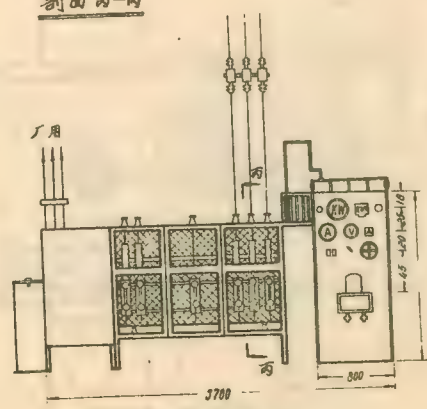


剖面甲-甲

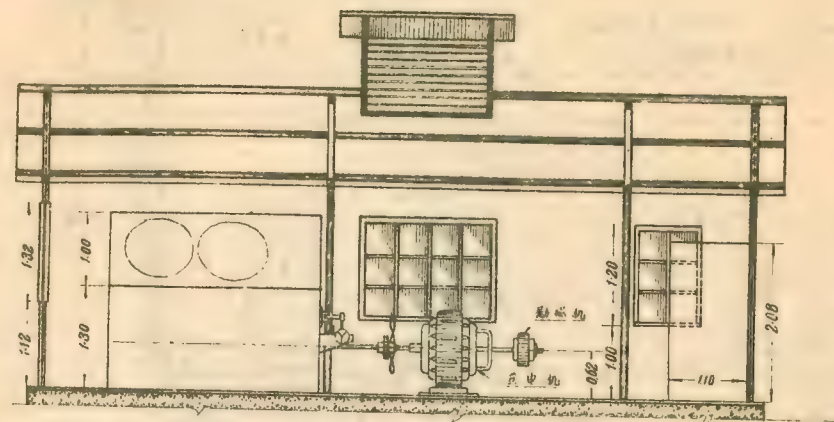
压力水管及前池剖面图



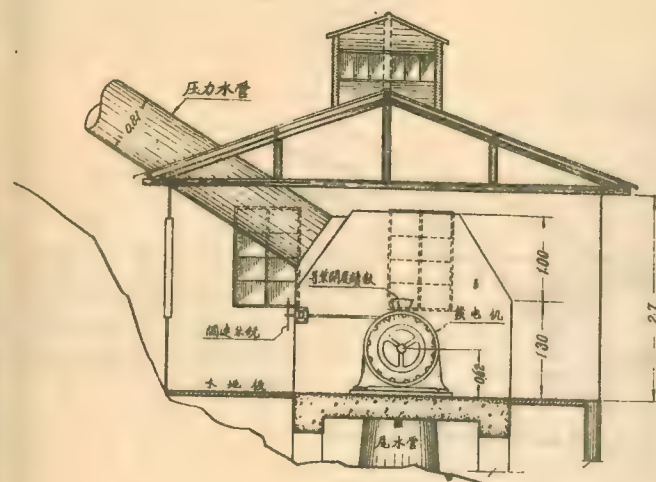
电气接线图



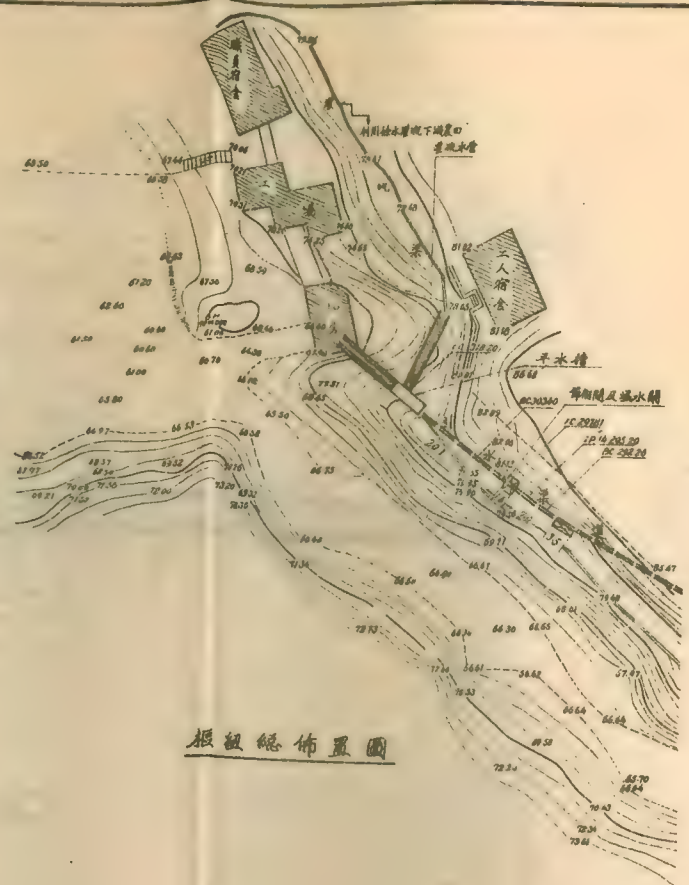
配电装置正面图



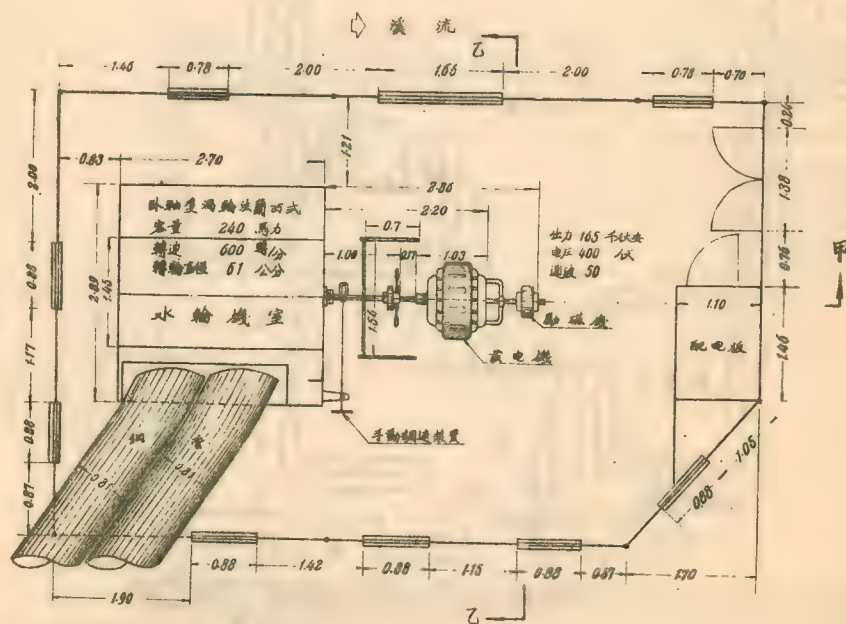
剖面 甲—甲
單位：公尺



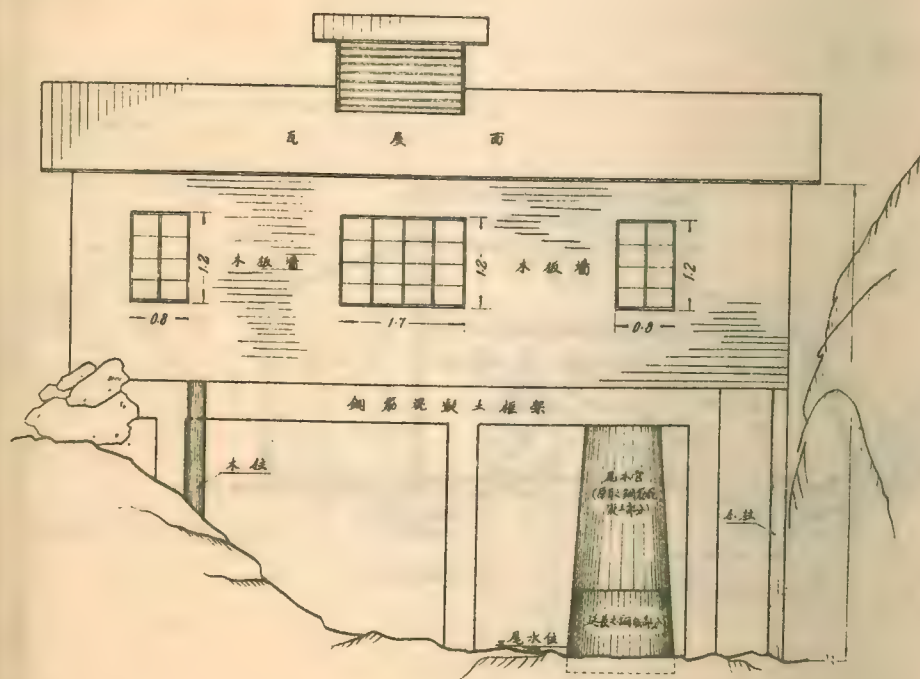
剖面 乙—乙
單位：公尺



根據總佈置圖

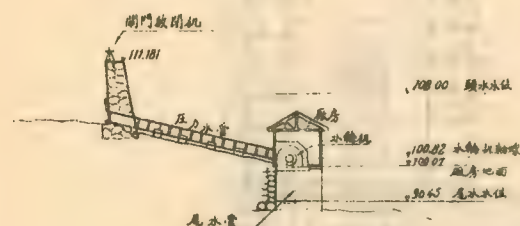


厂房平面佈置圖
單位：公尺



厂房前視圖
單位：公尺





剖面 甲—甲

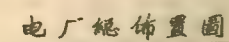
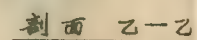
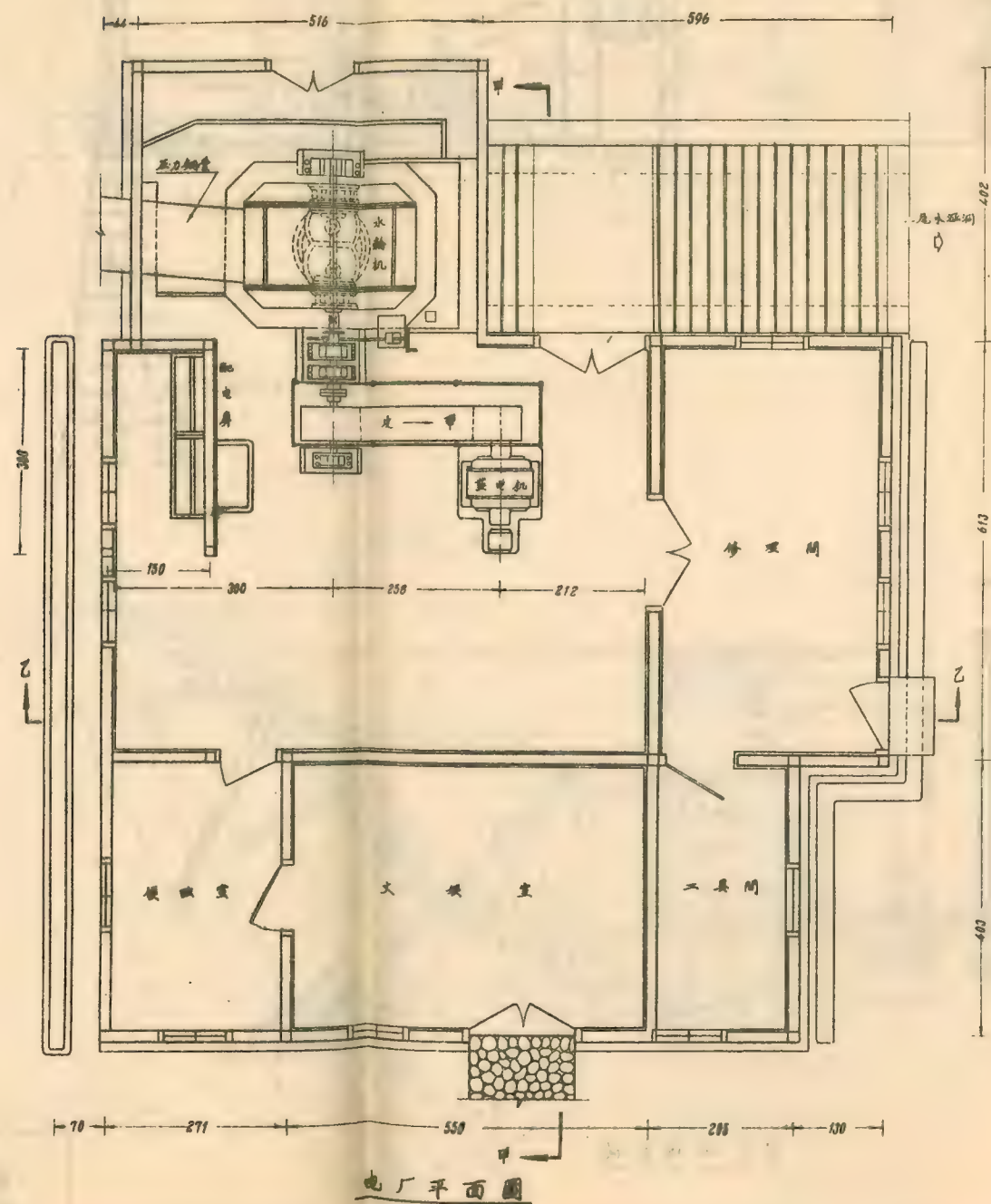


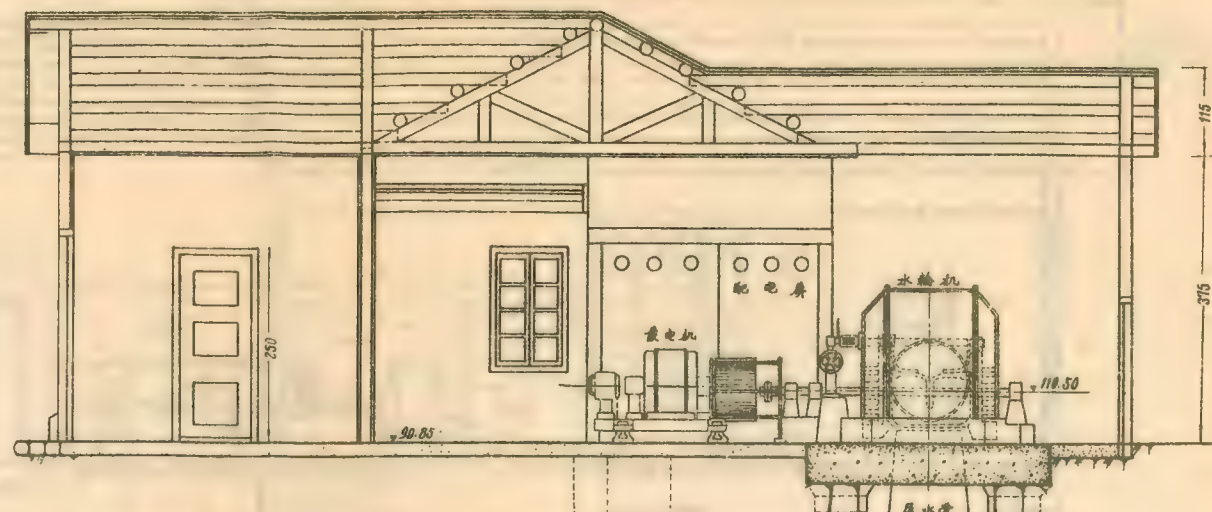
圖 14 乙
單位：公厘



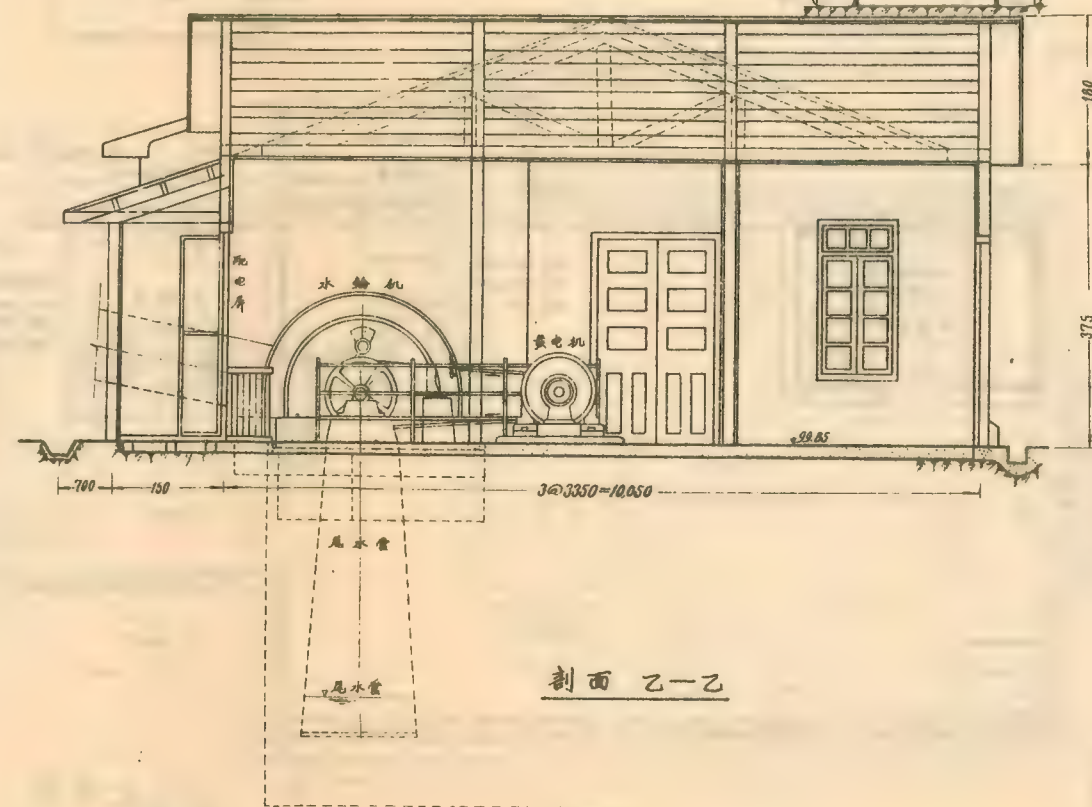
第二厂房主面布置图



电厂平面图



剖面 甲—甲



剖面 乙—乙

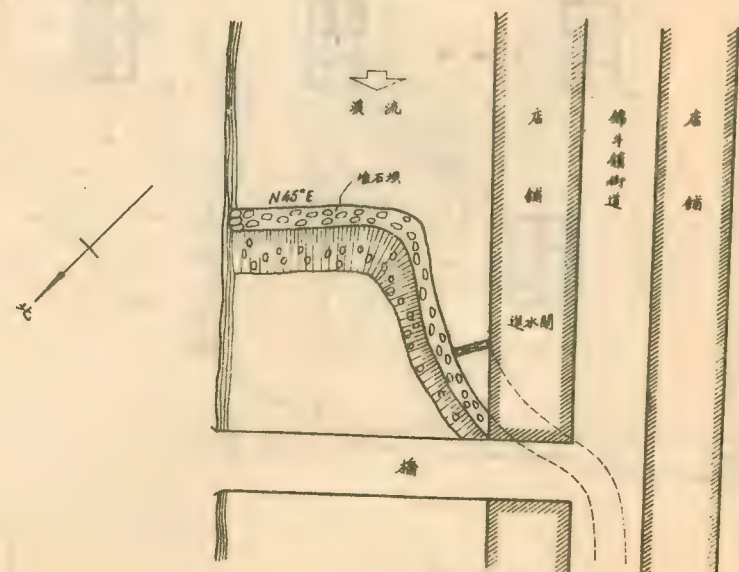
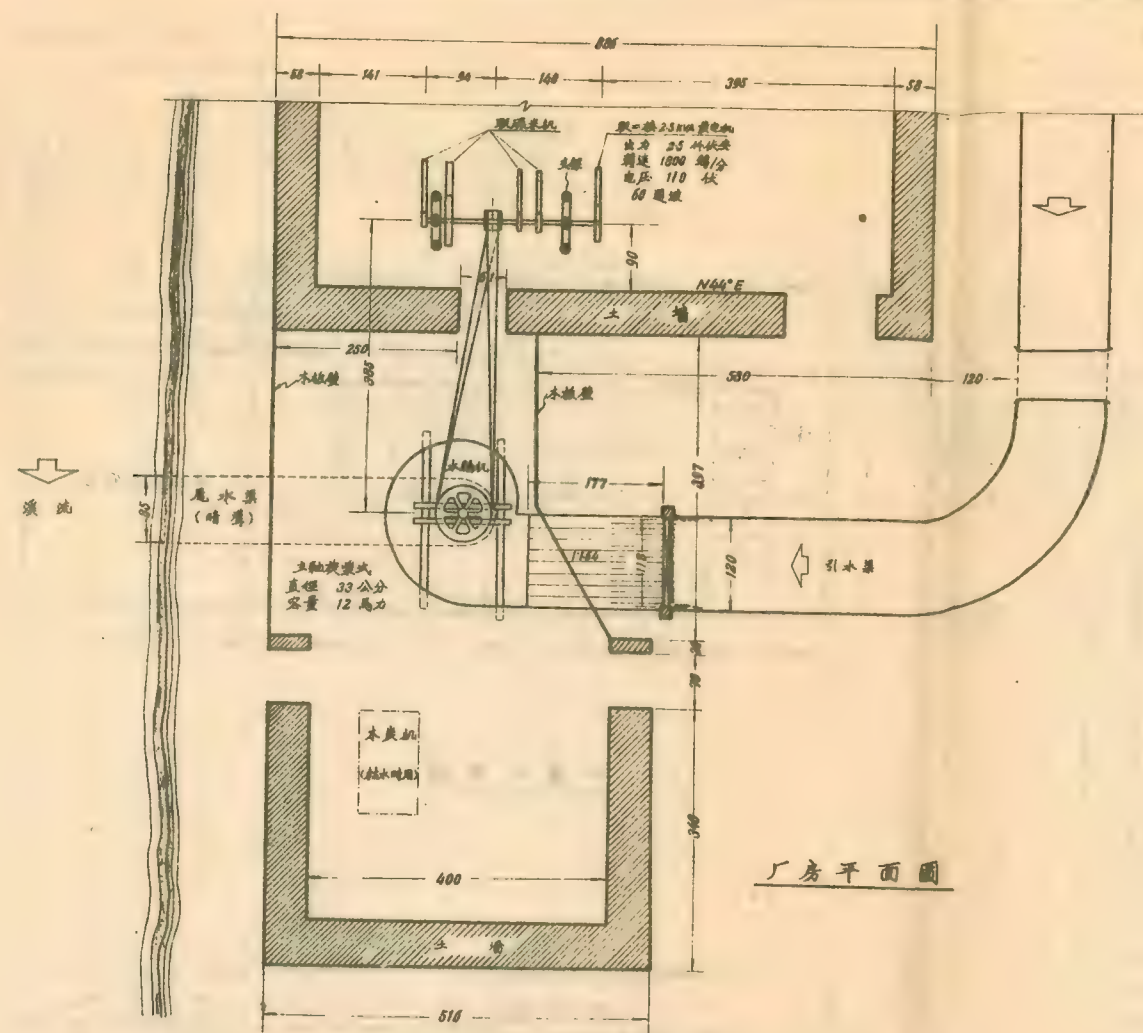
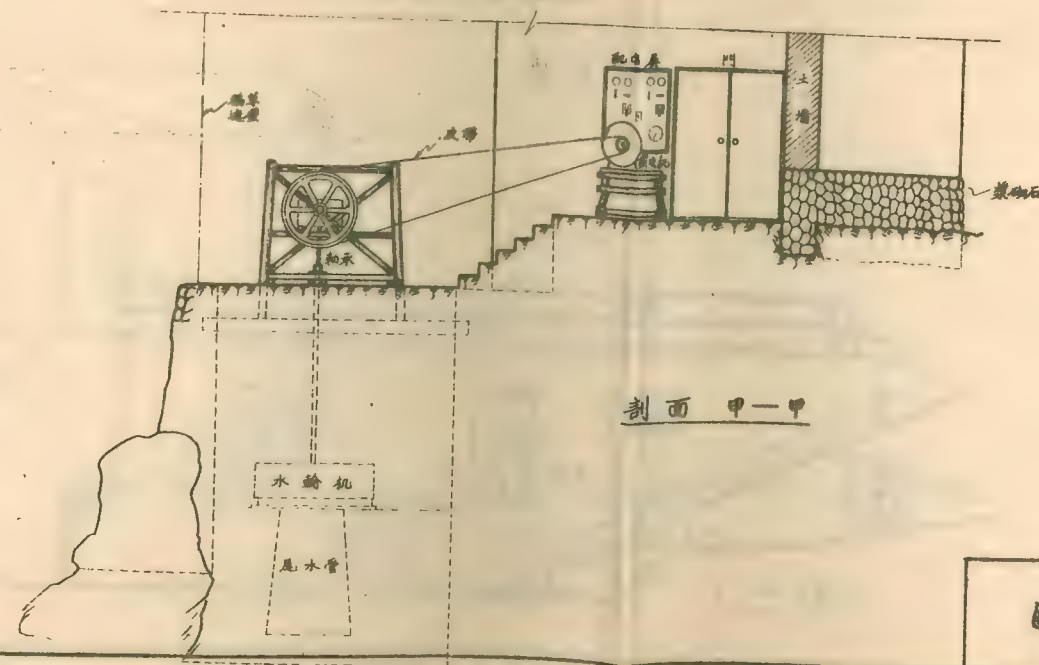
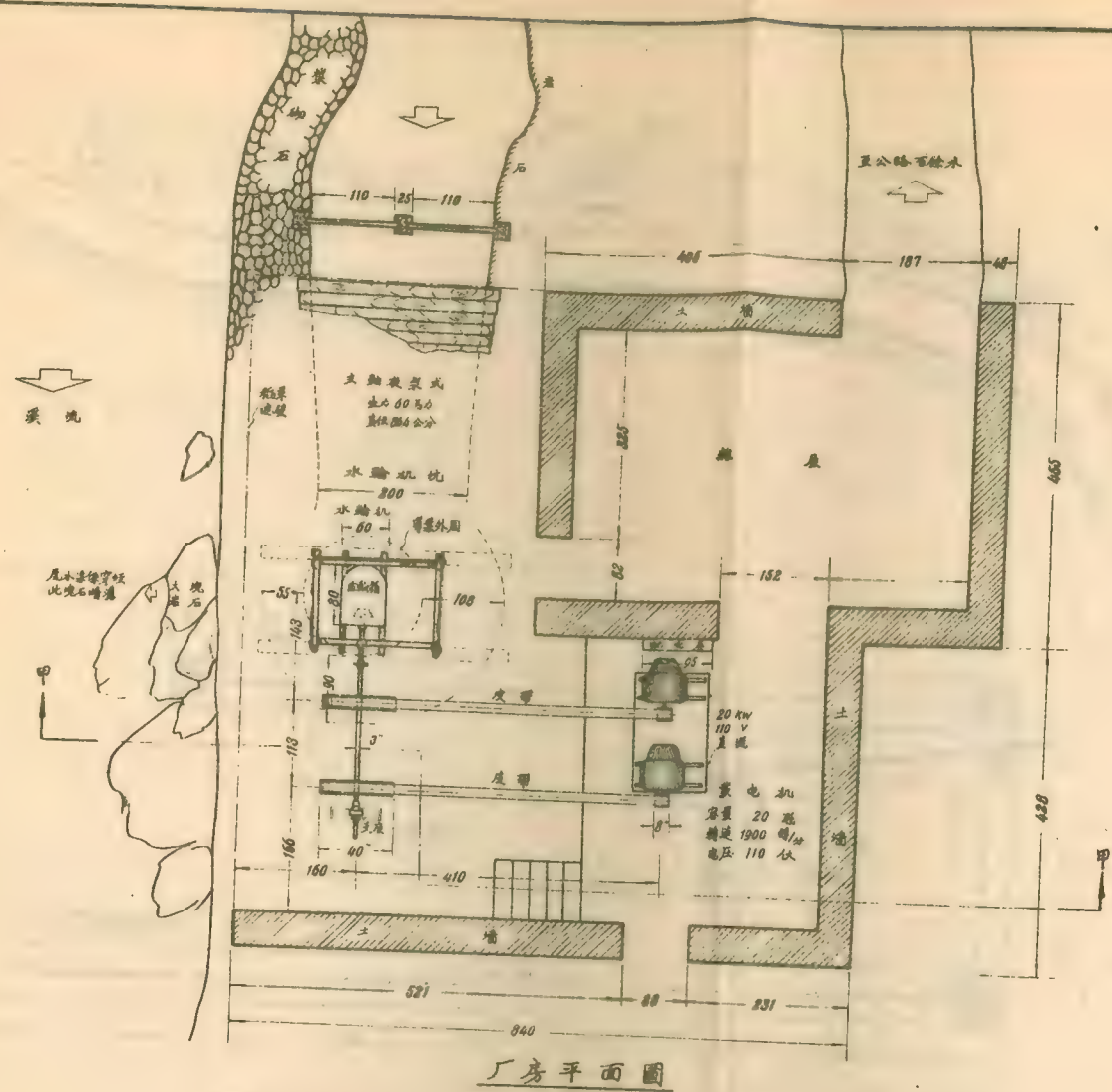


圖 意 示 首 集



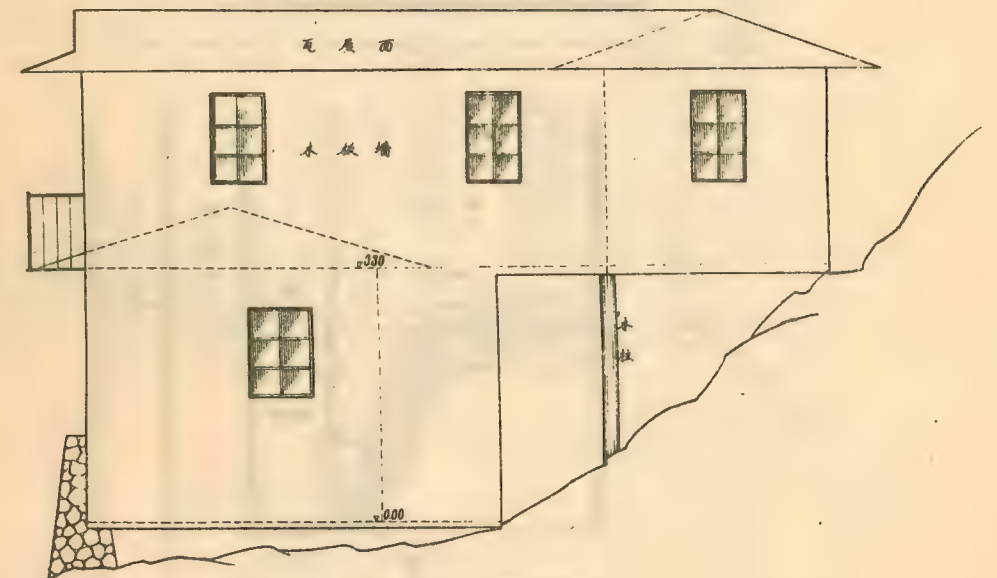
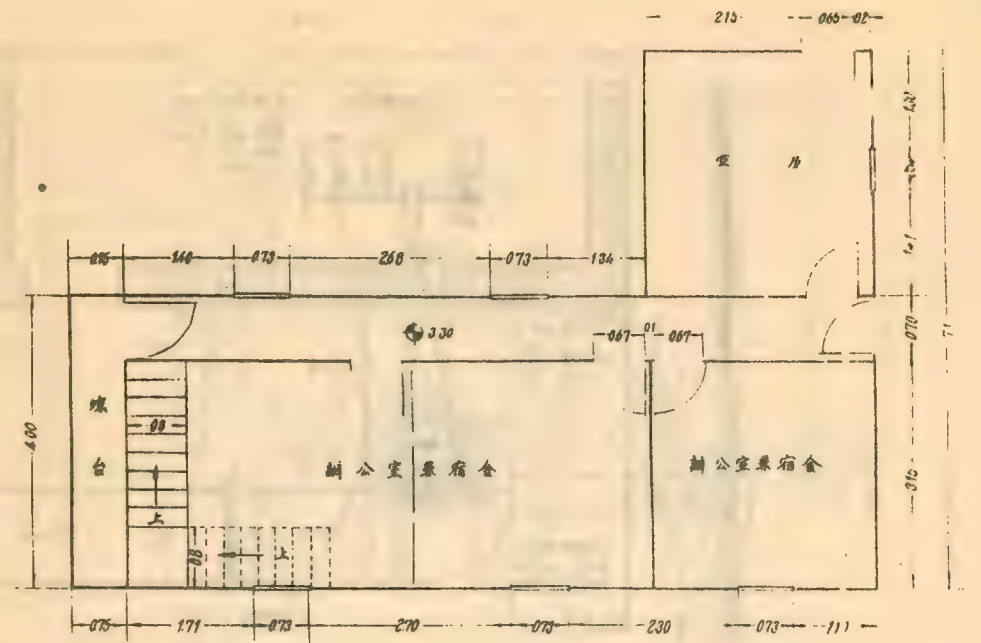
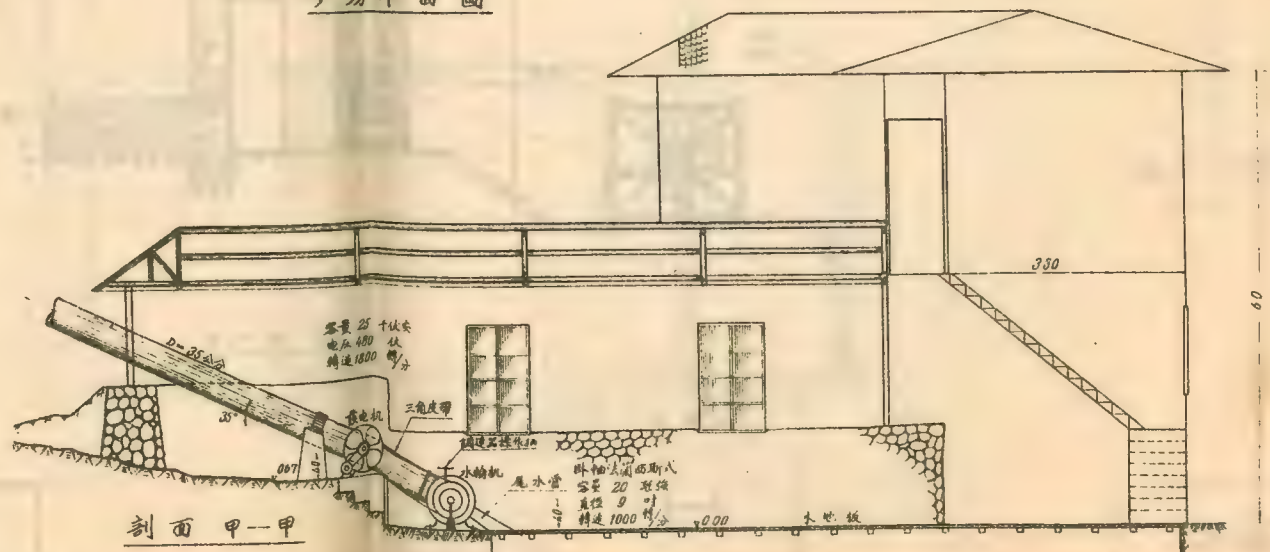
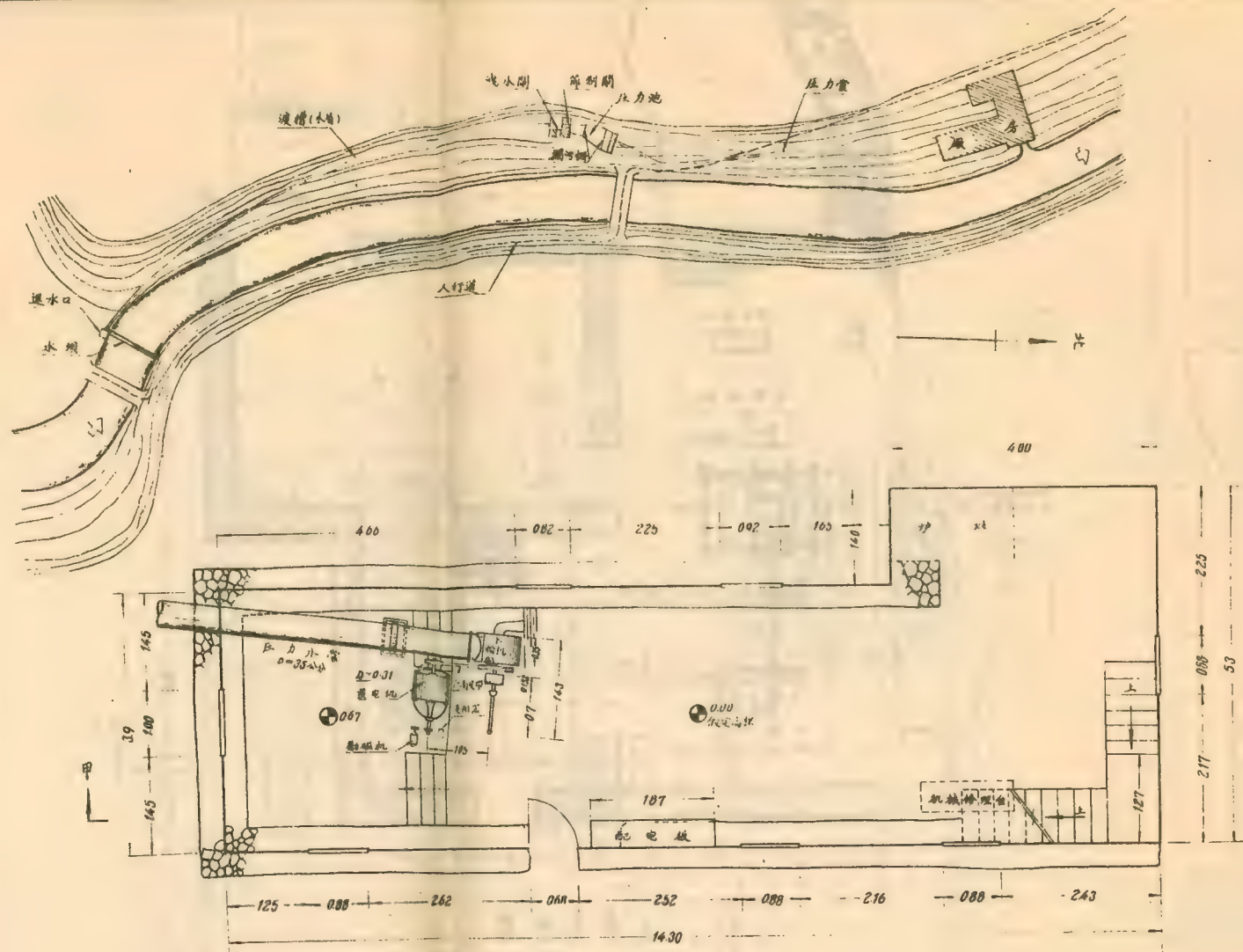
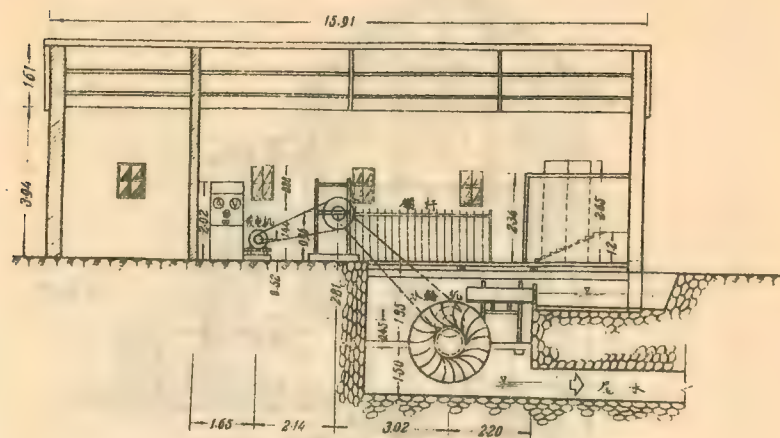
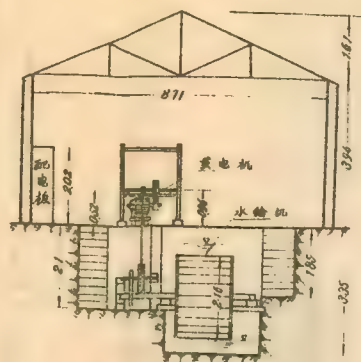


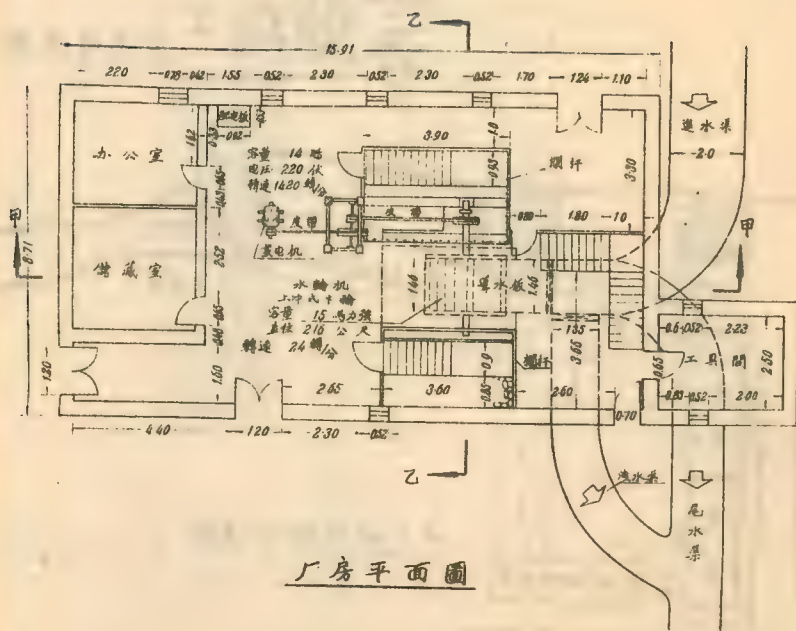
图 17
单位: 公尺



剖面 甲-甲



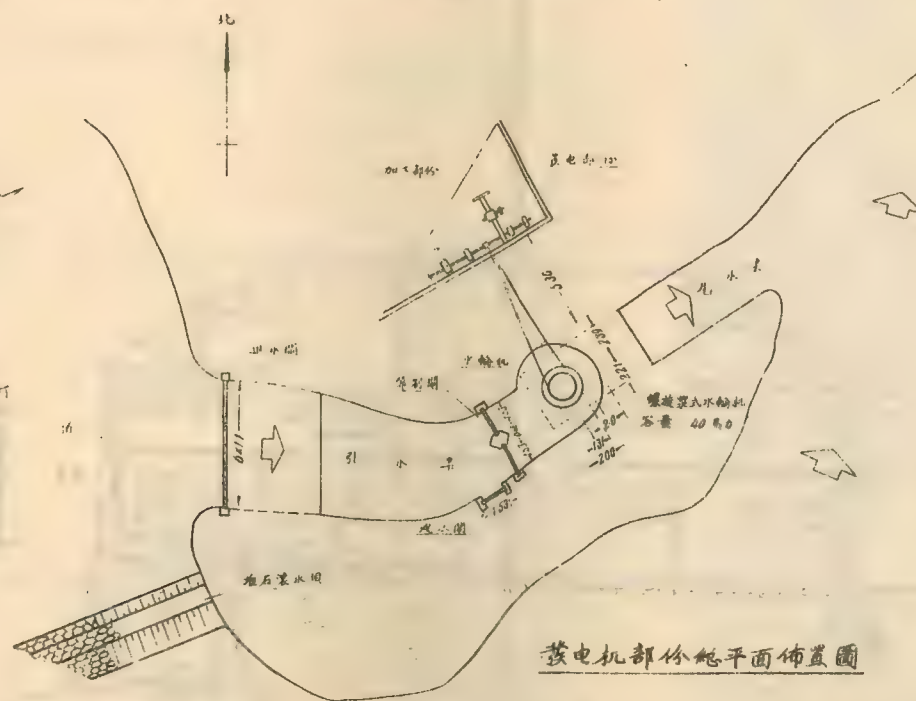
剖面 乙-乙



厂房平面图



乙厂级总布置图
1:1000



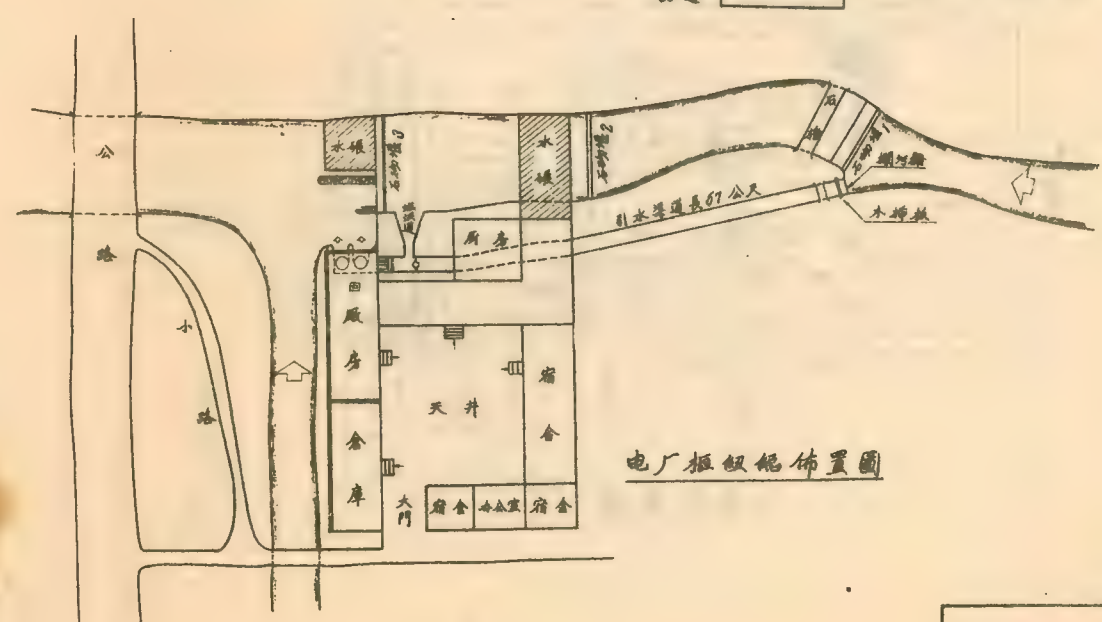
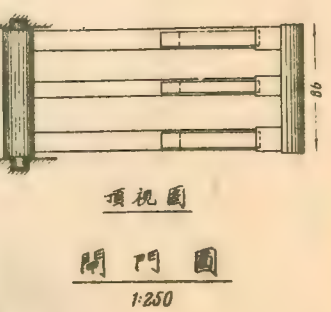
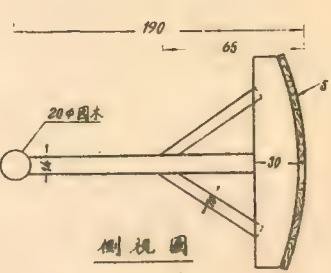
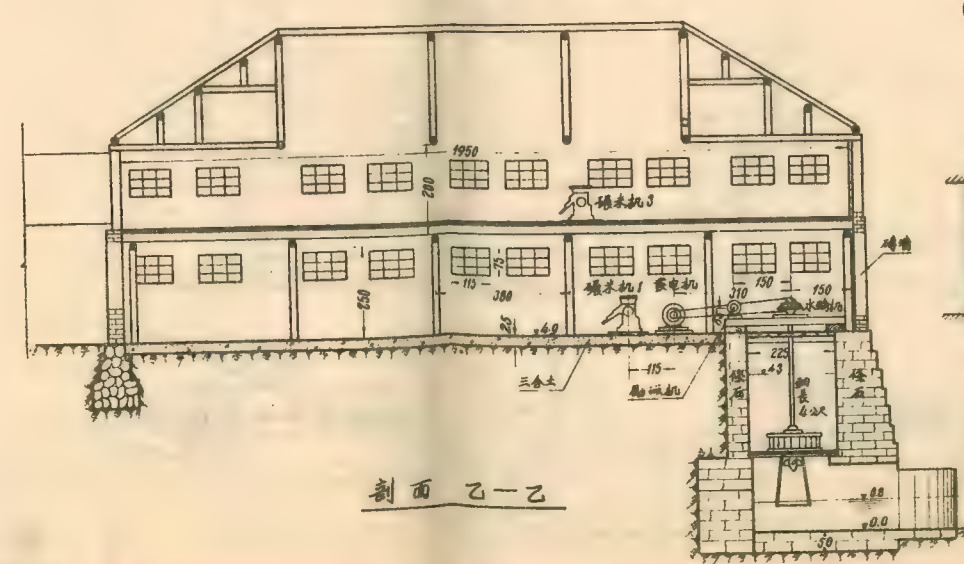
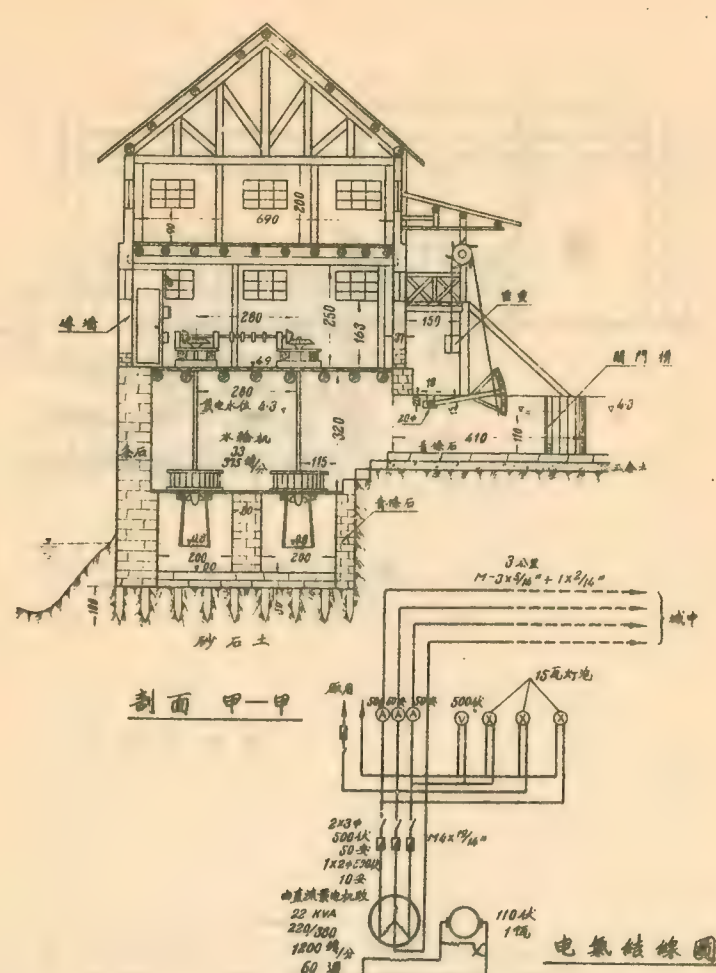
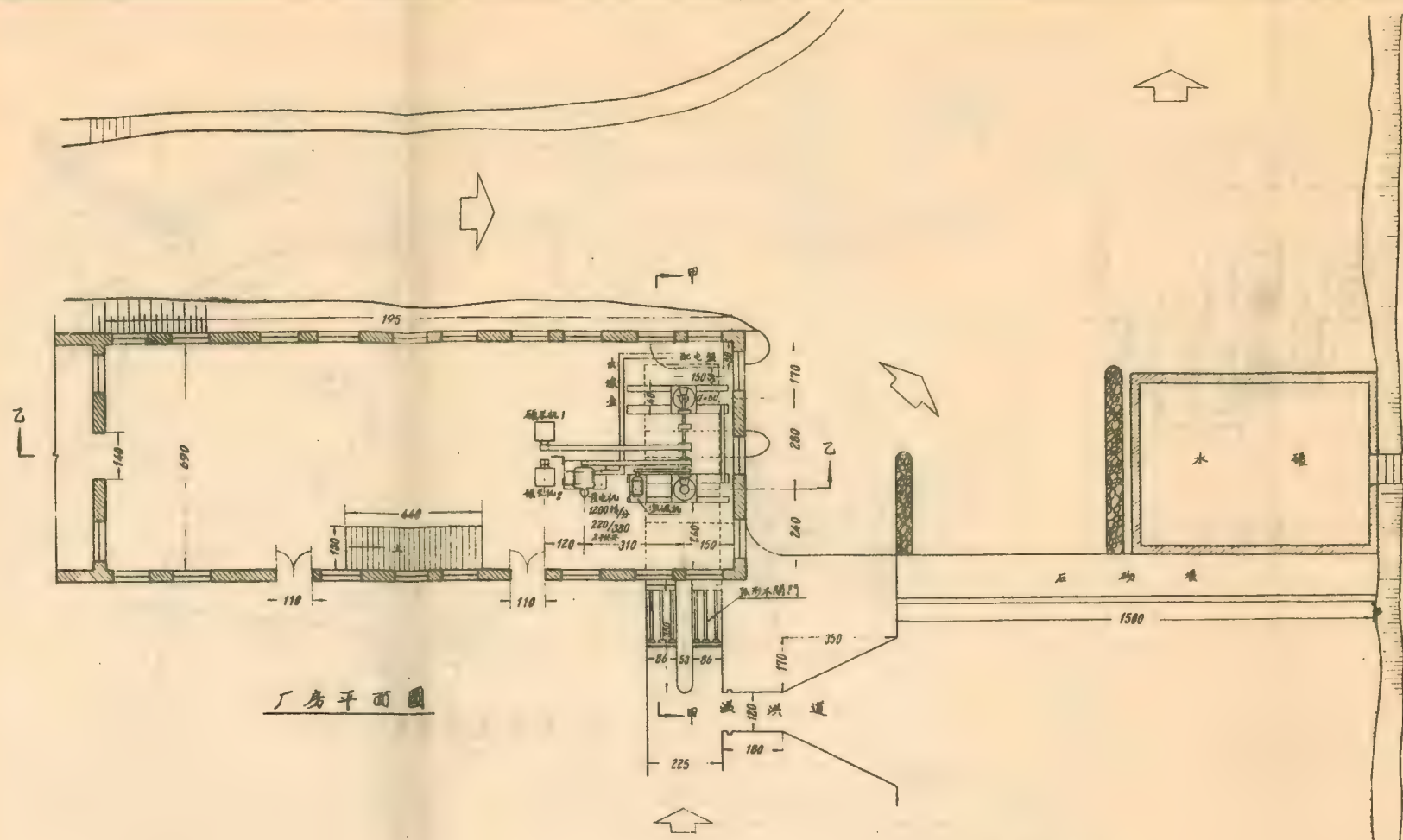
发电机部份平面布置图

圖 18

單位:公尺

圖 19

單位:公尺



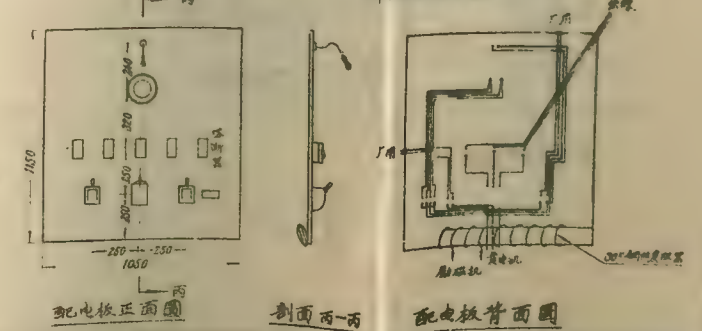
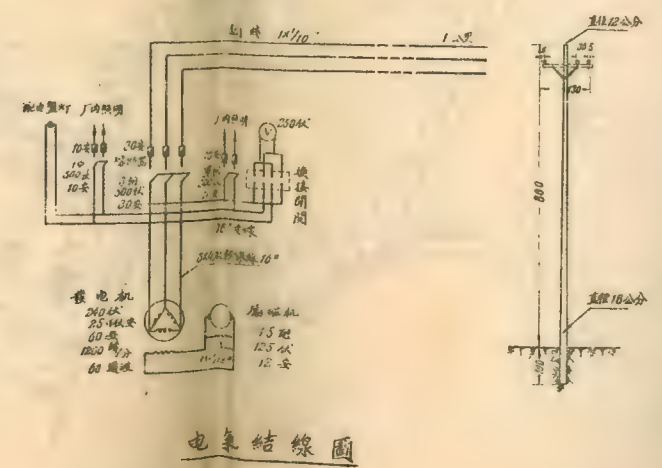
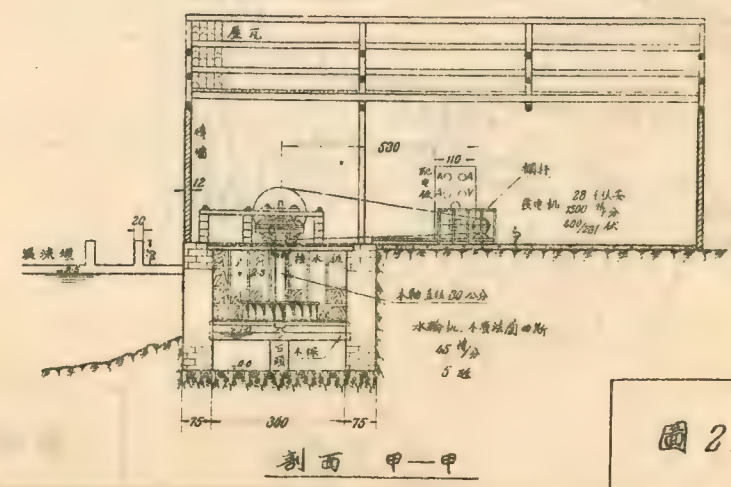
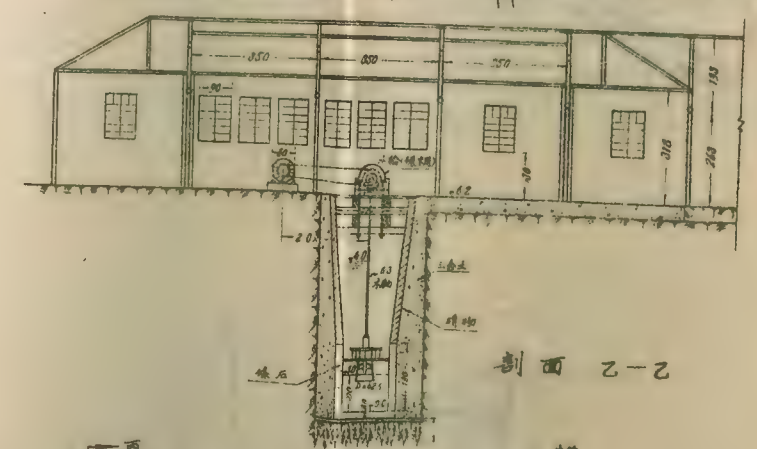
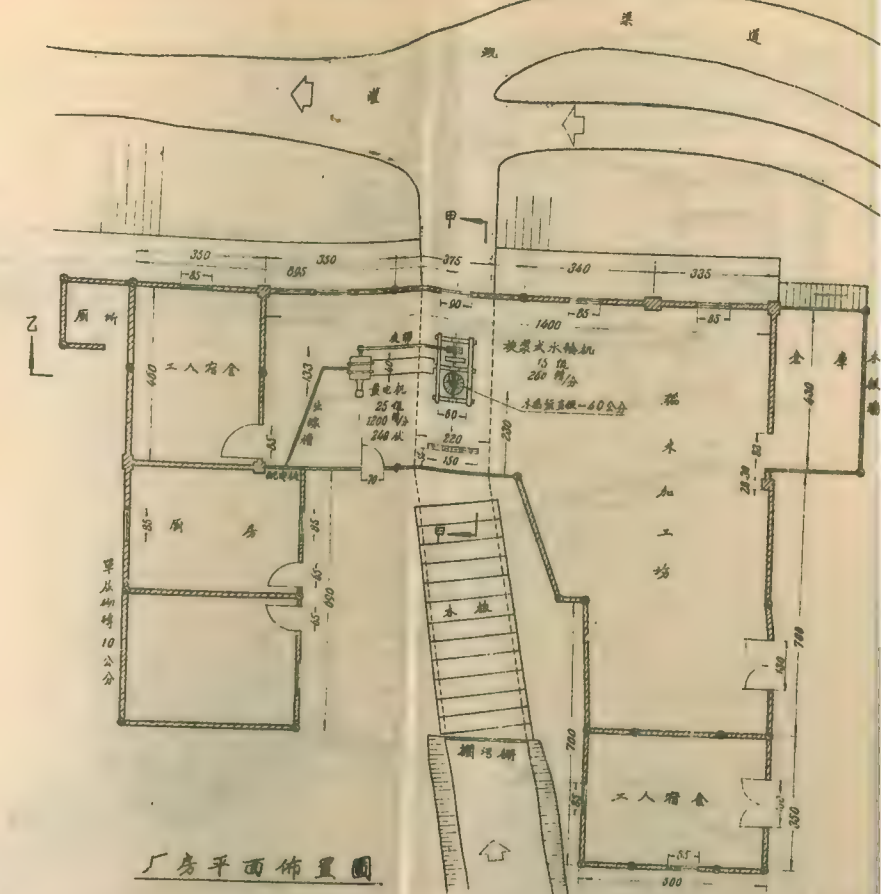
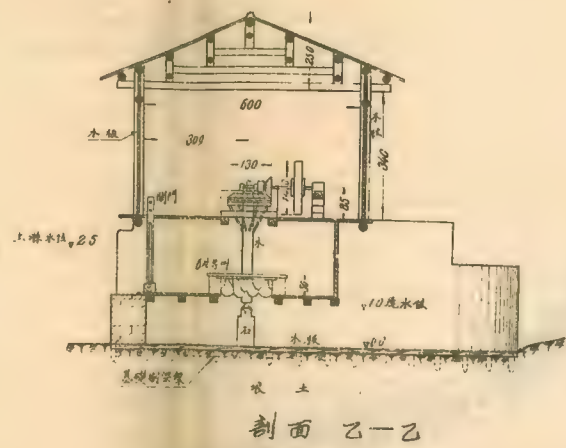
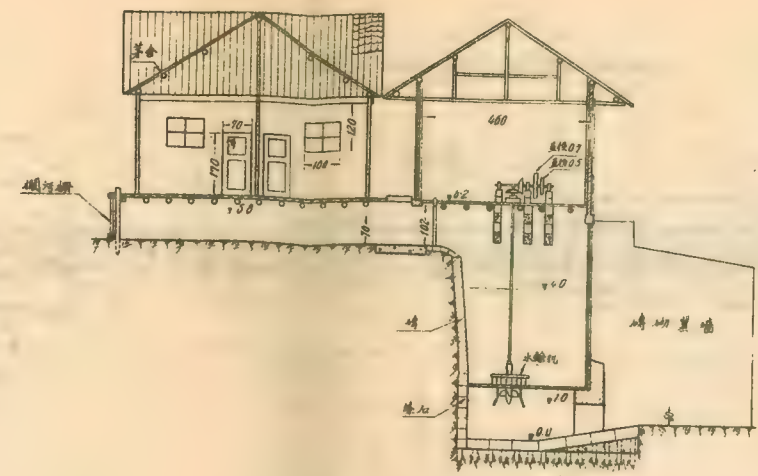
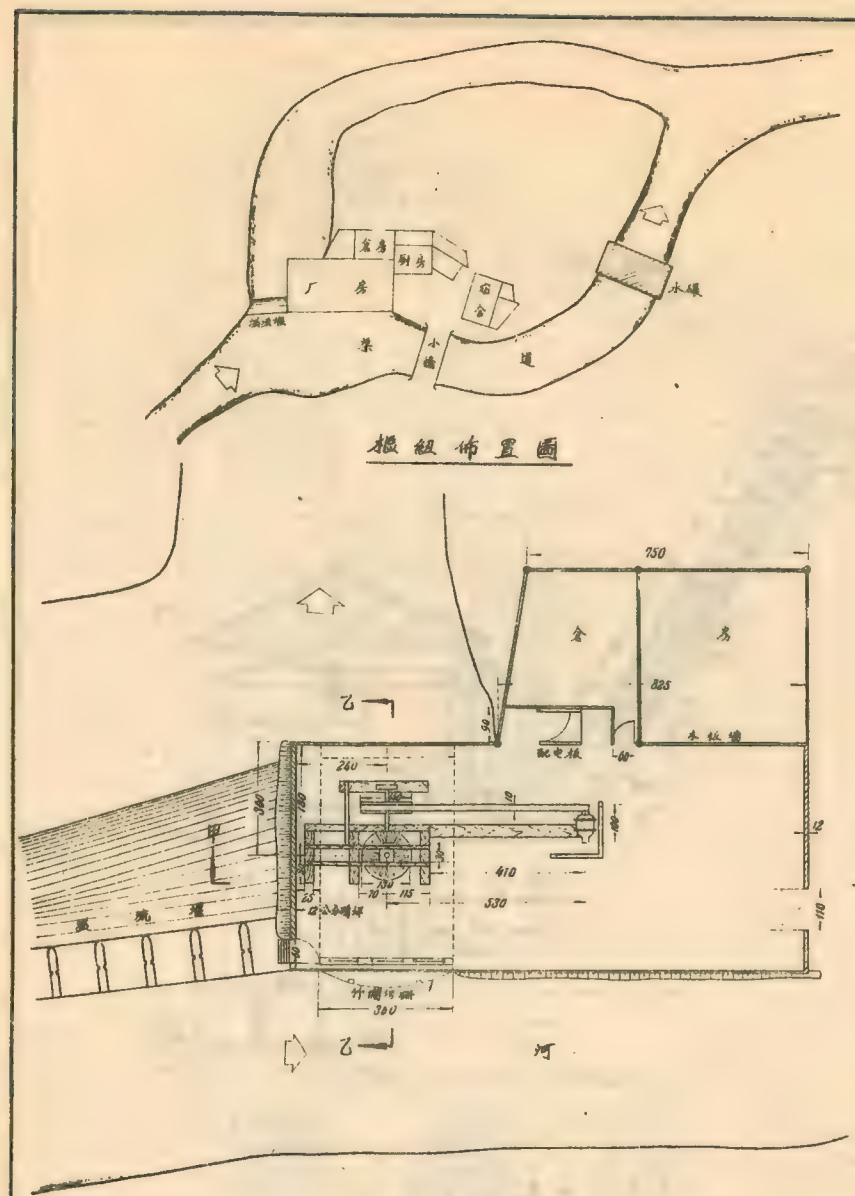
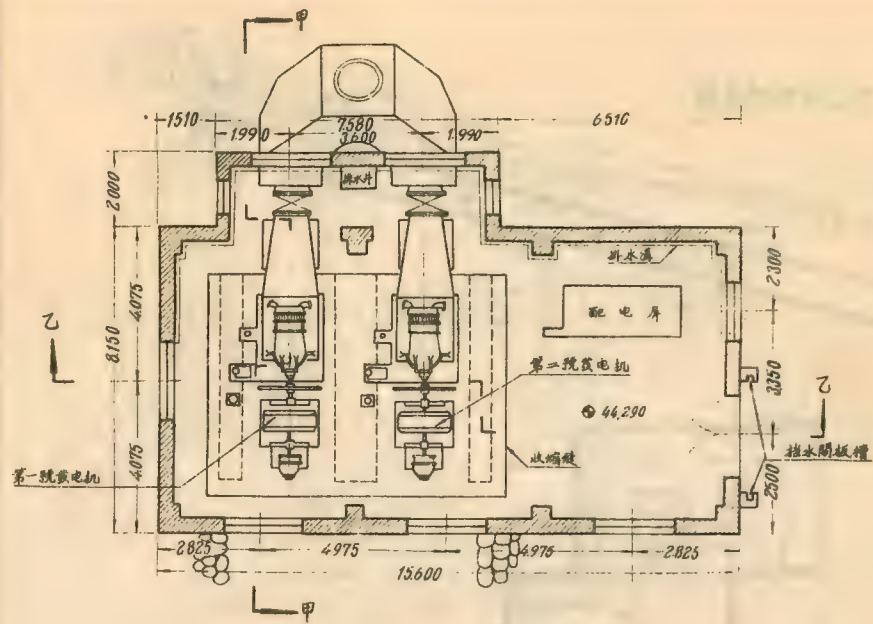
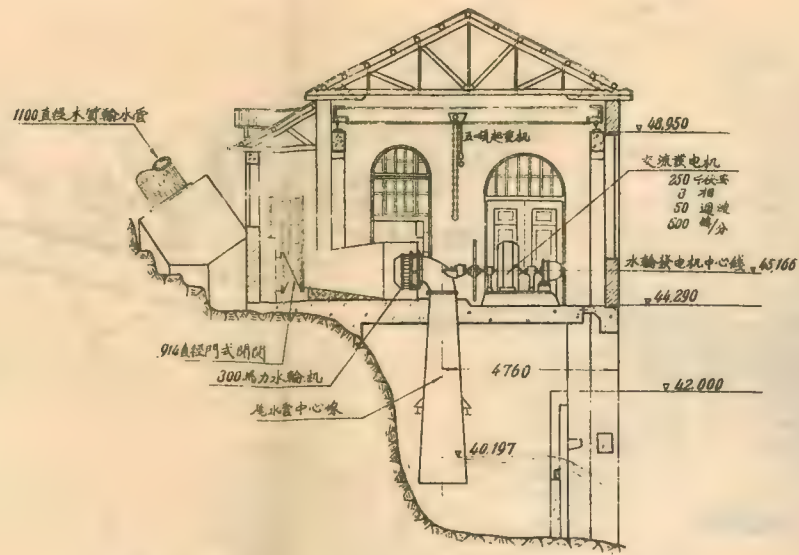


圖 21

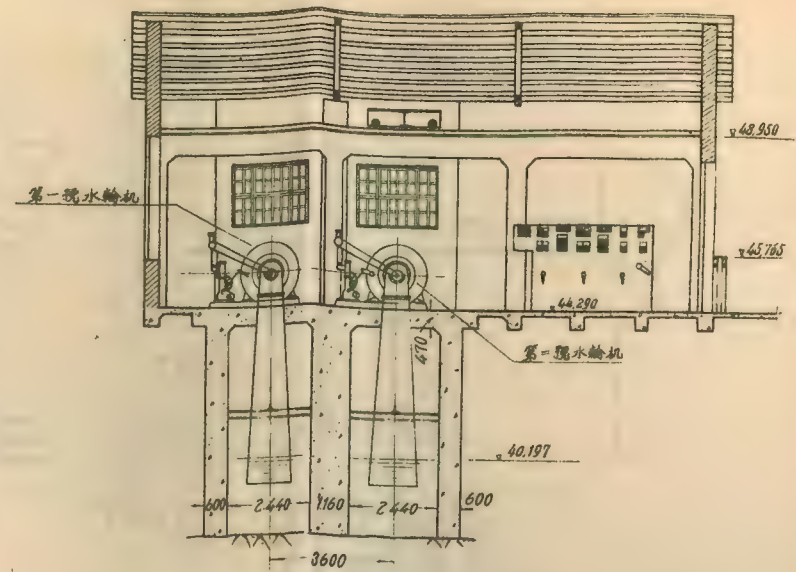
圖 22



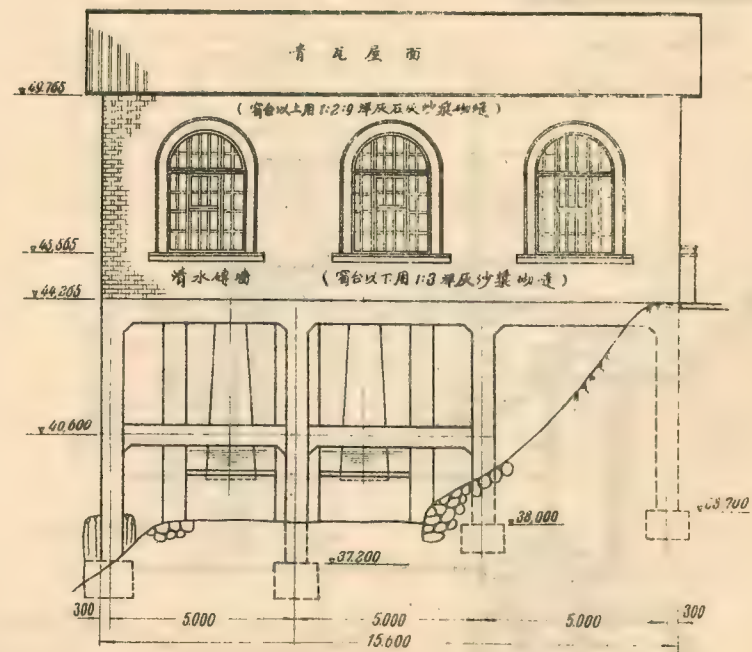
平面圖



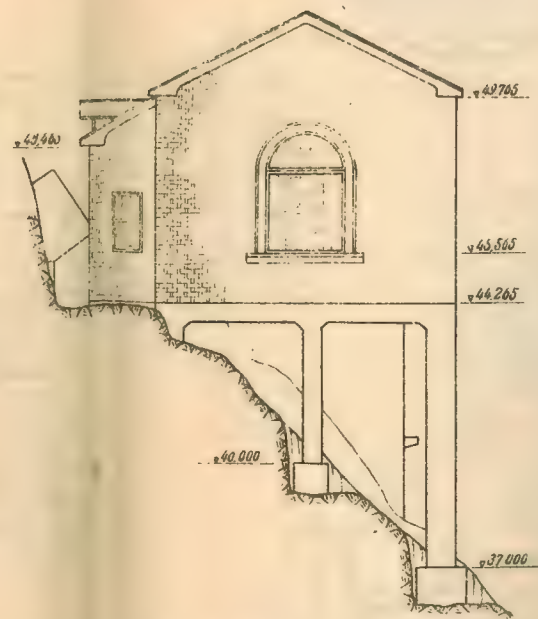
剖面甲—甲



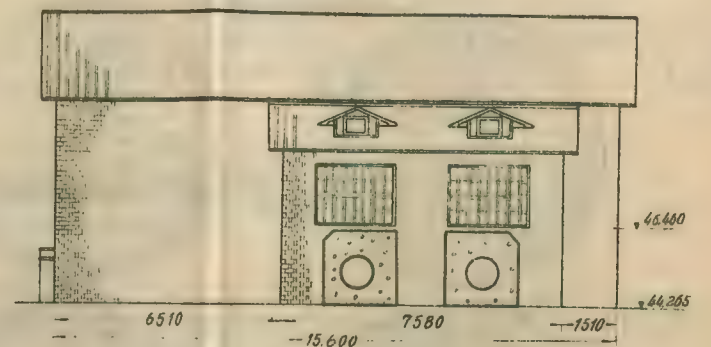
剖面乙—乙



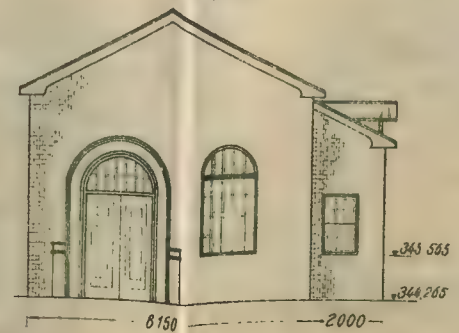
前視圖



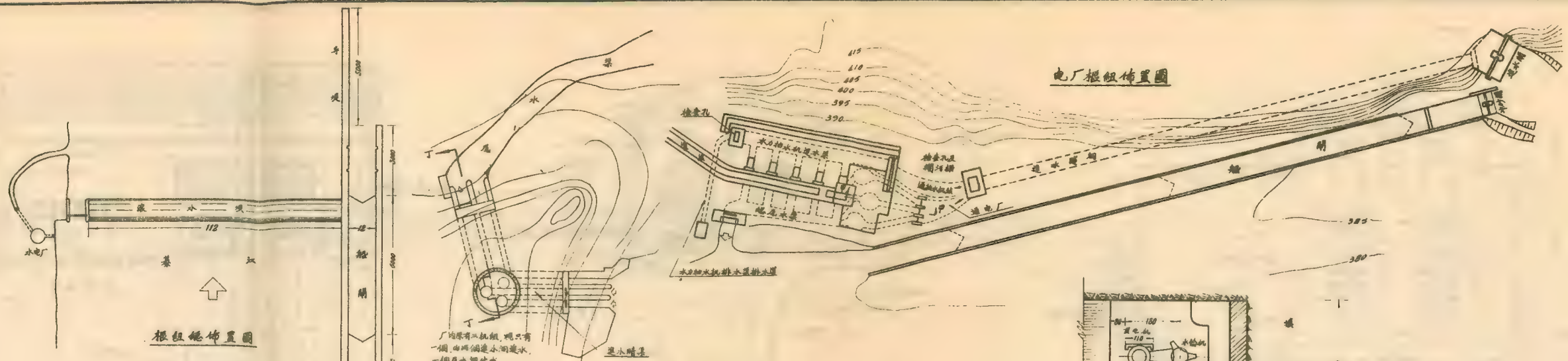
左側視圖



後視圖



右側視圖



机组布置图

电厂机组布置图

电厂机组布置图

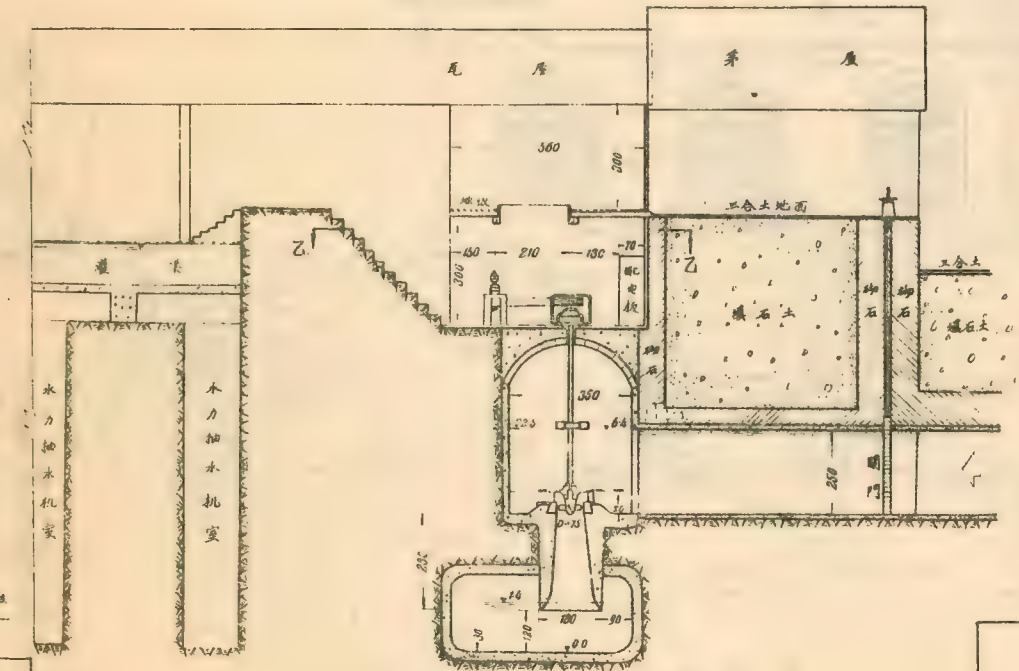
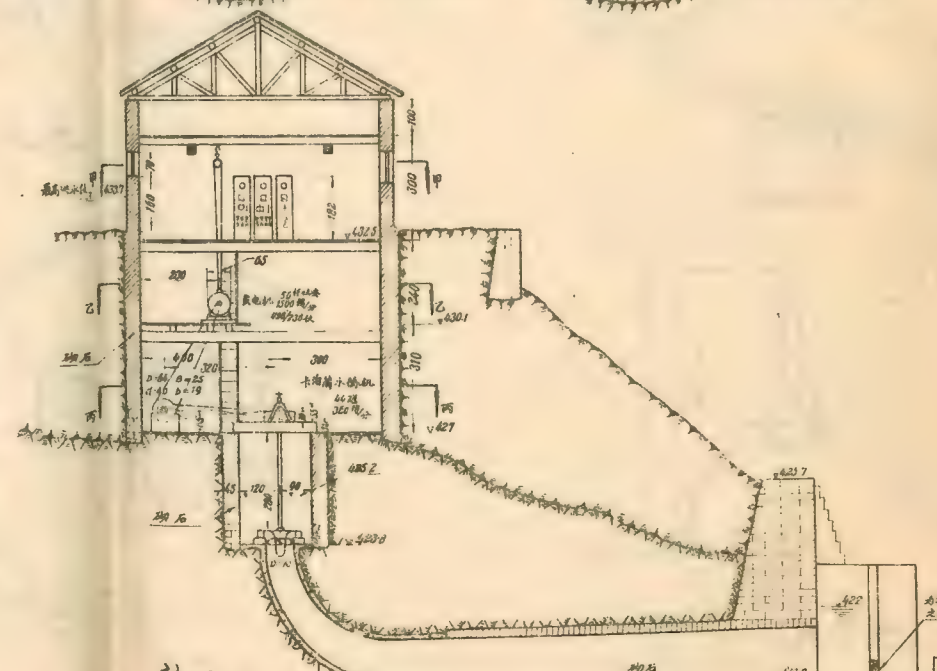
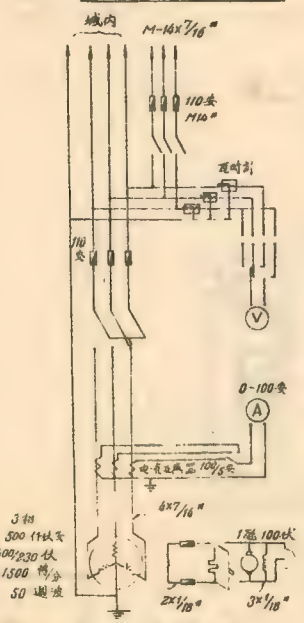
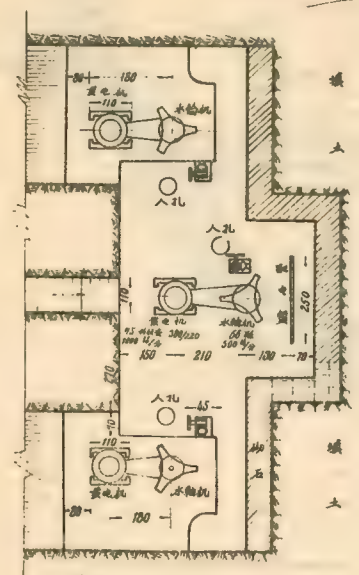
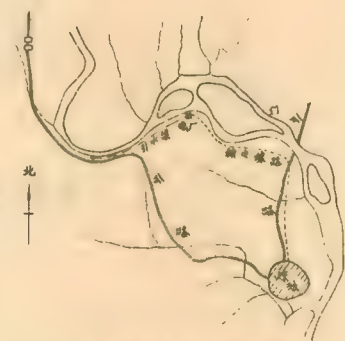
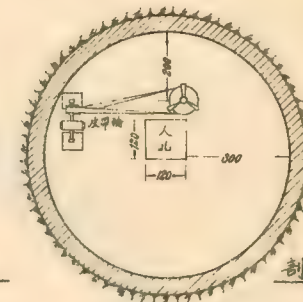
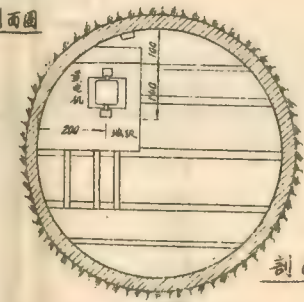
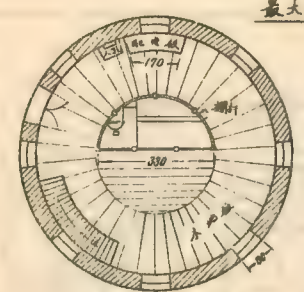
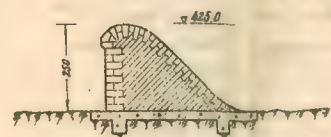
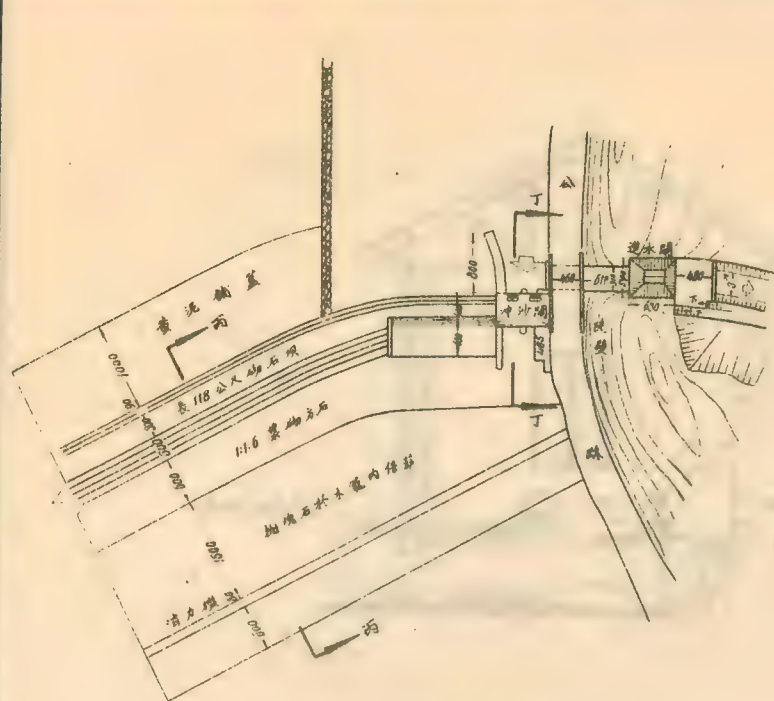


图24

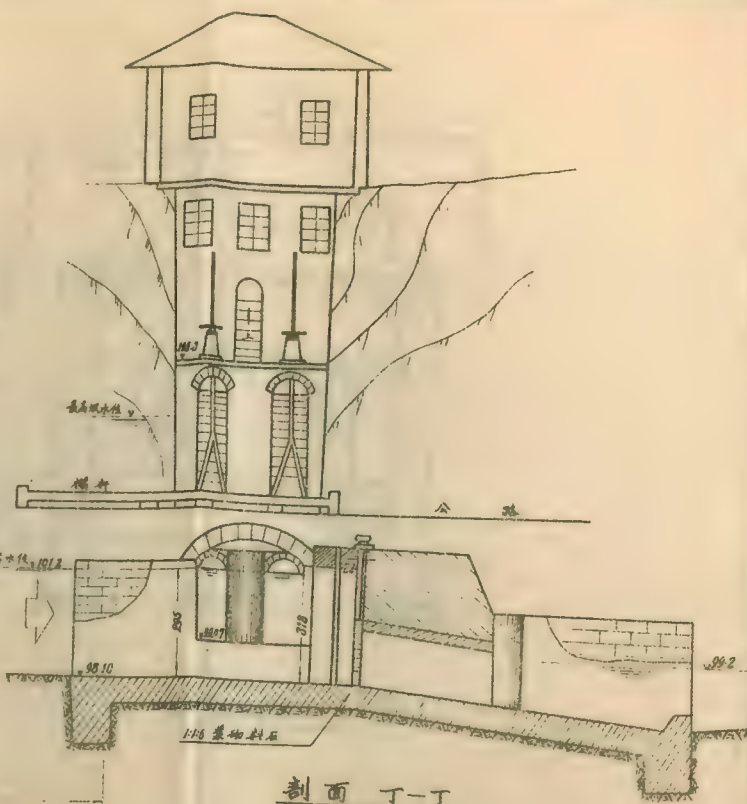
图25



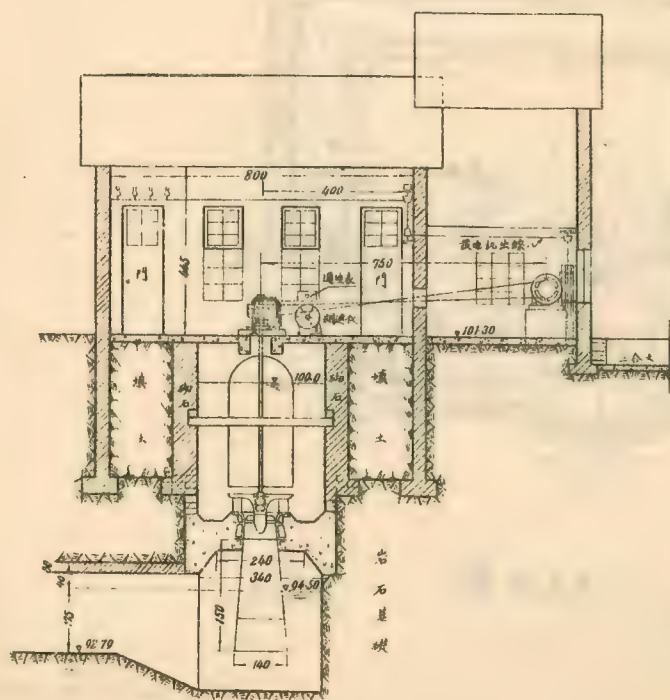
進水口根版佈置圖



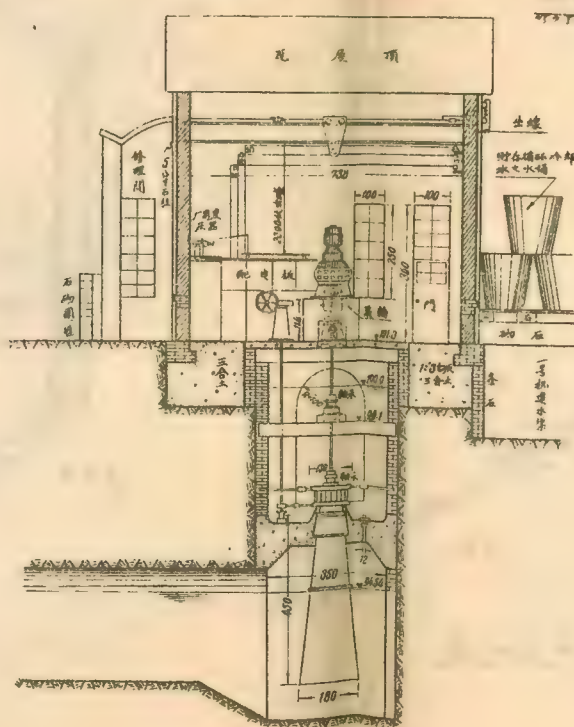
廠房樞紐及平面佈置圖



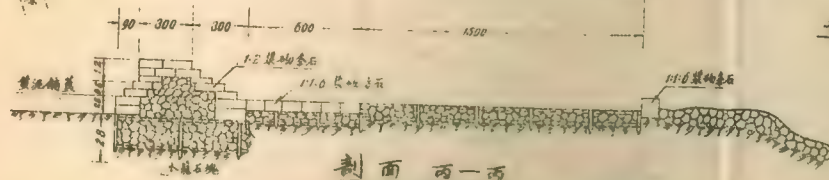
剖面丁-丁



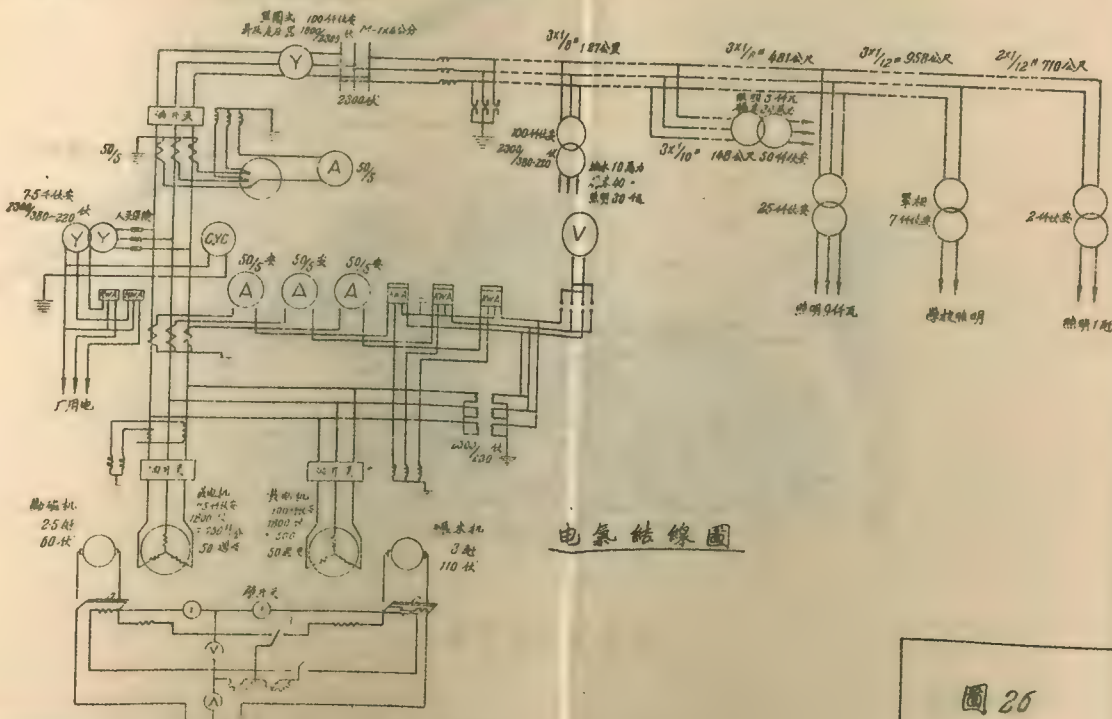
剖面甲-甲



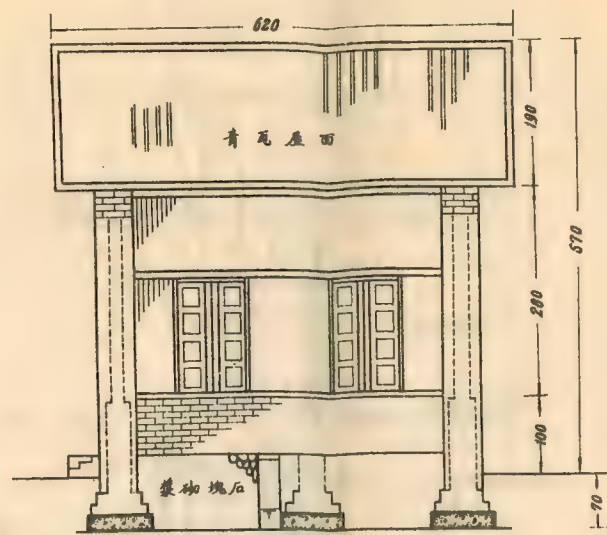
剖面乙-乙



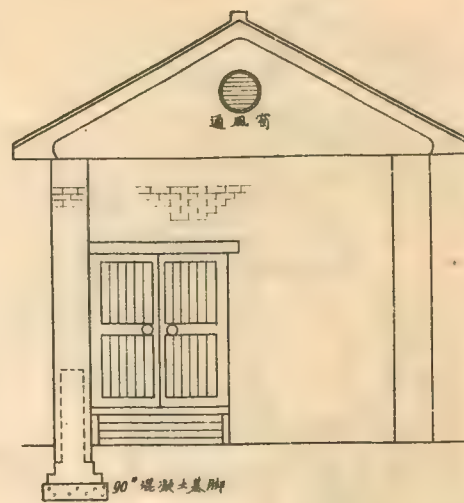
剖面丙-丙



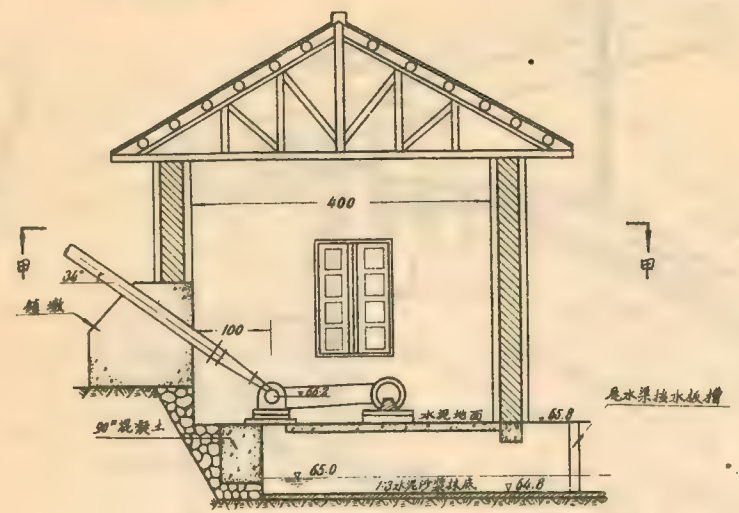
電氣結線圖



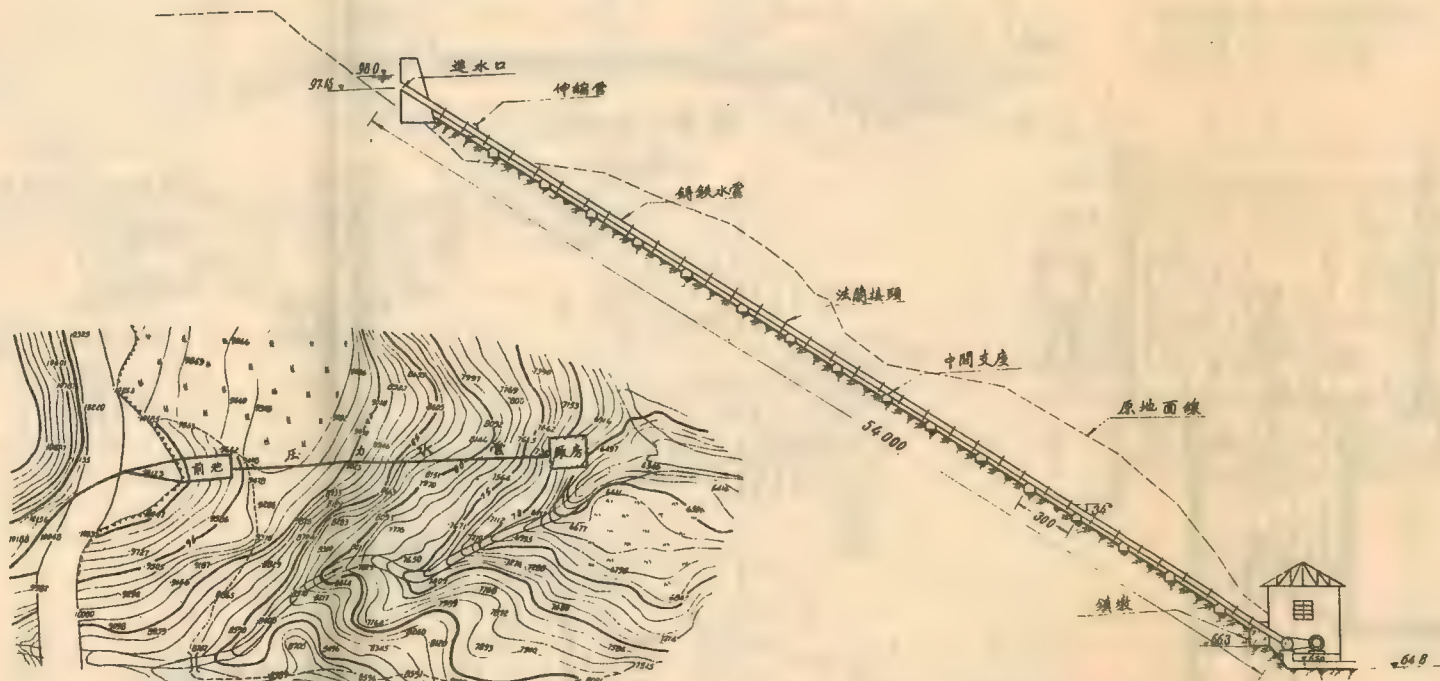
厂房立面圖



厂房側面圖

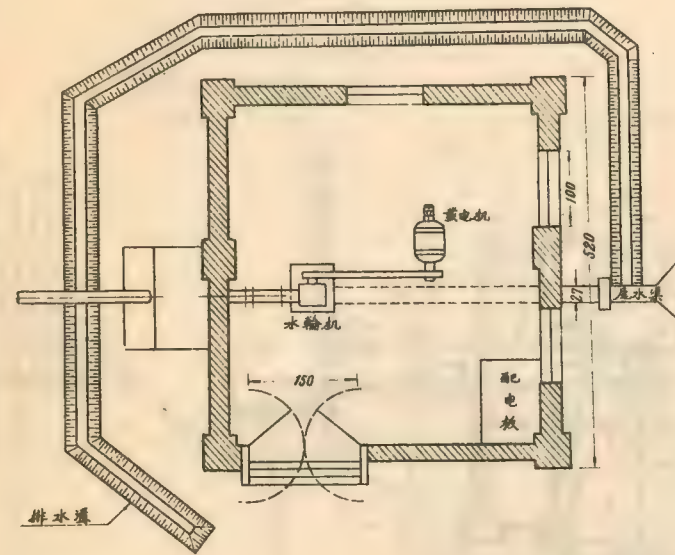


剖面 甲-甲



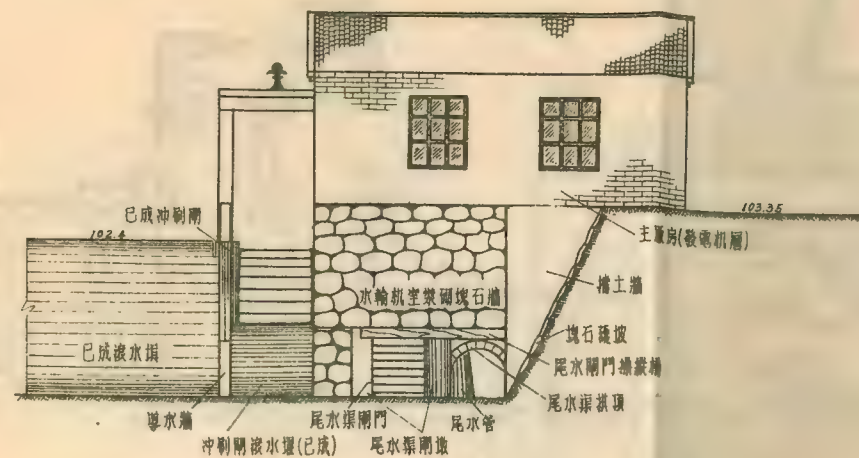
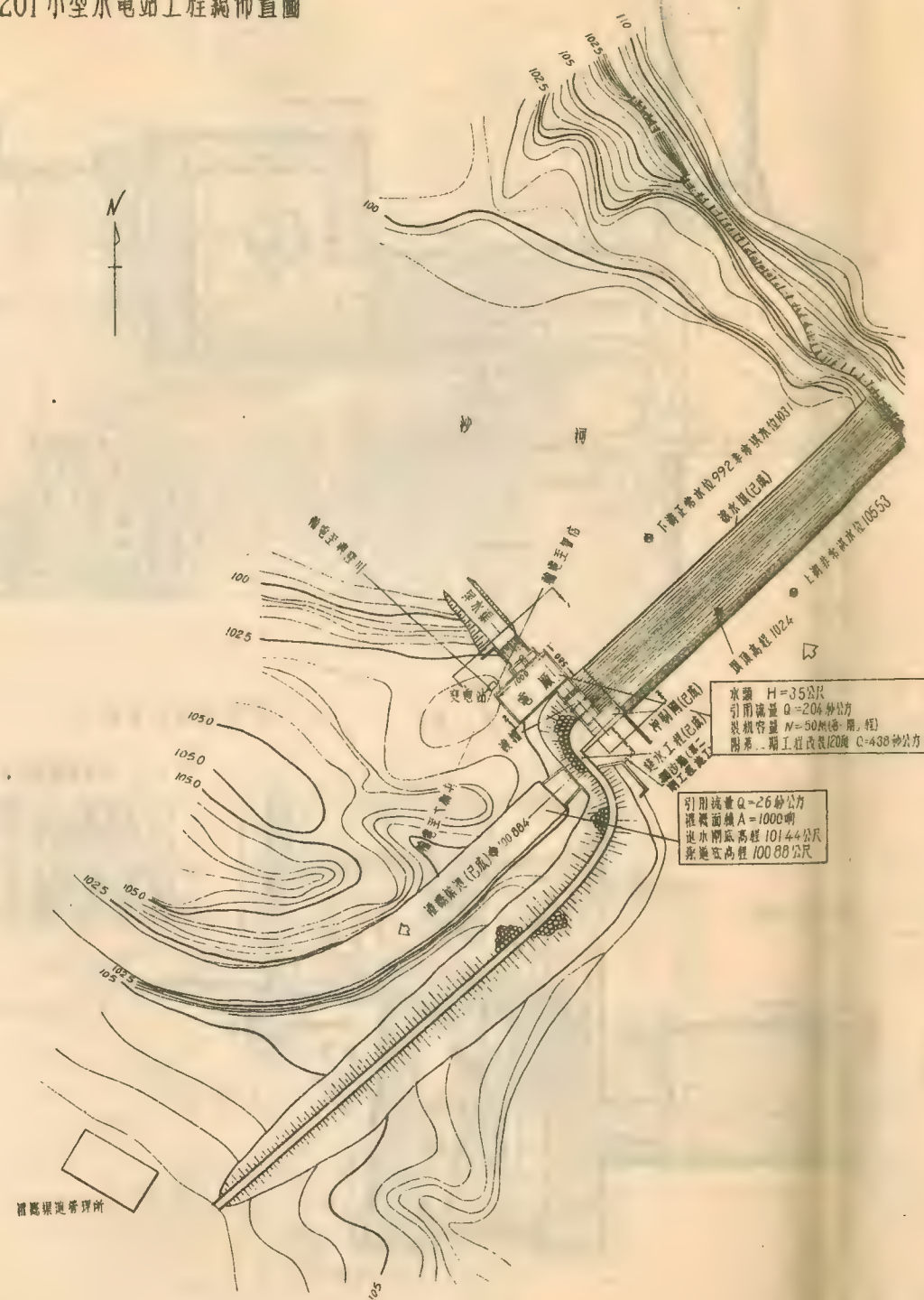
电站平面佈置圖

电站立面佈圖

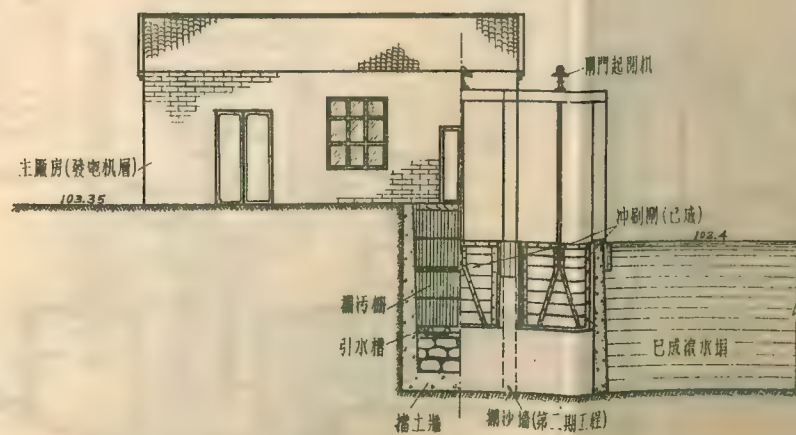


厂房平面圖

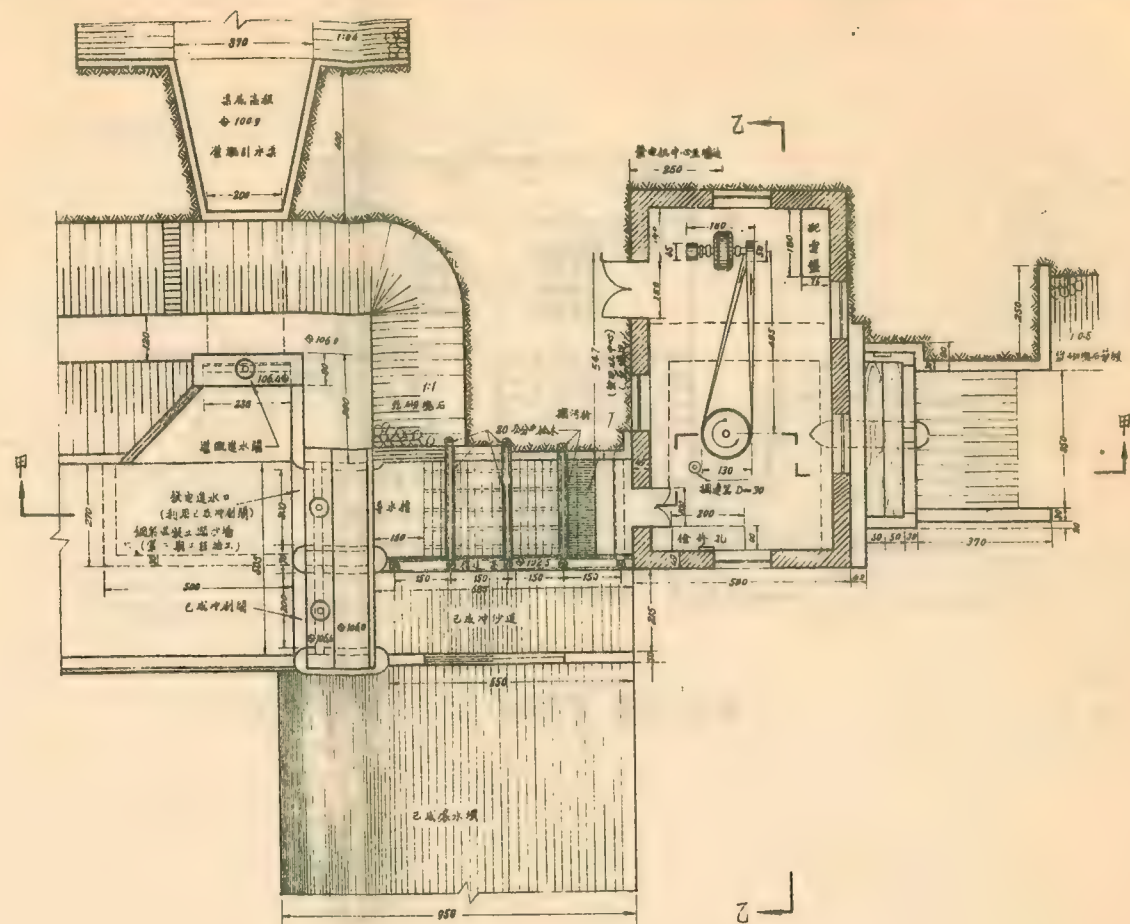
201 小型水電站工程總佈置圖



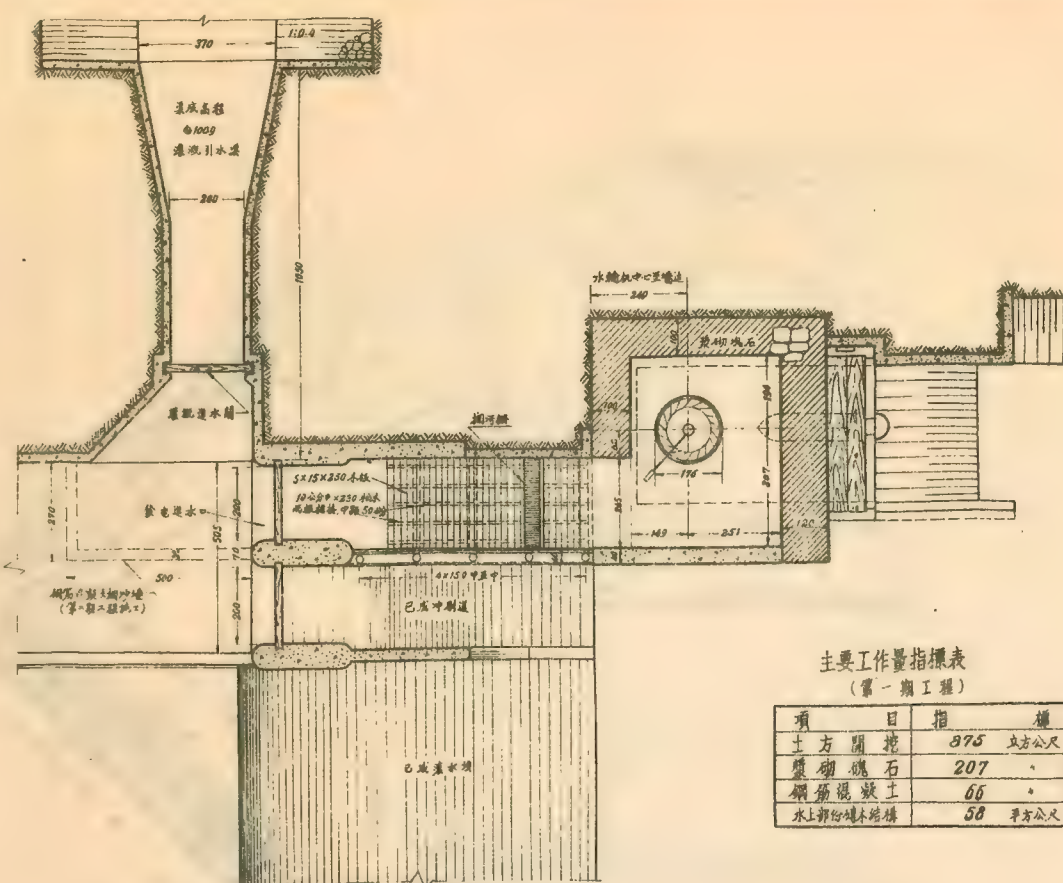
廠房正面圖(從下游看) 1—1



廠房背面圖 2—2



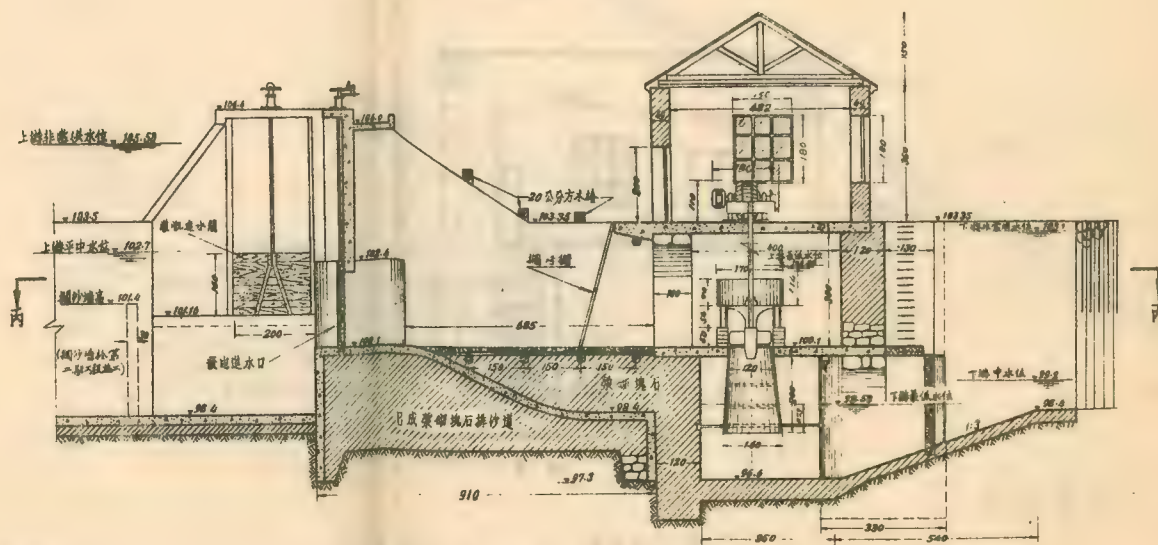
平面佈置圖



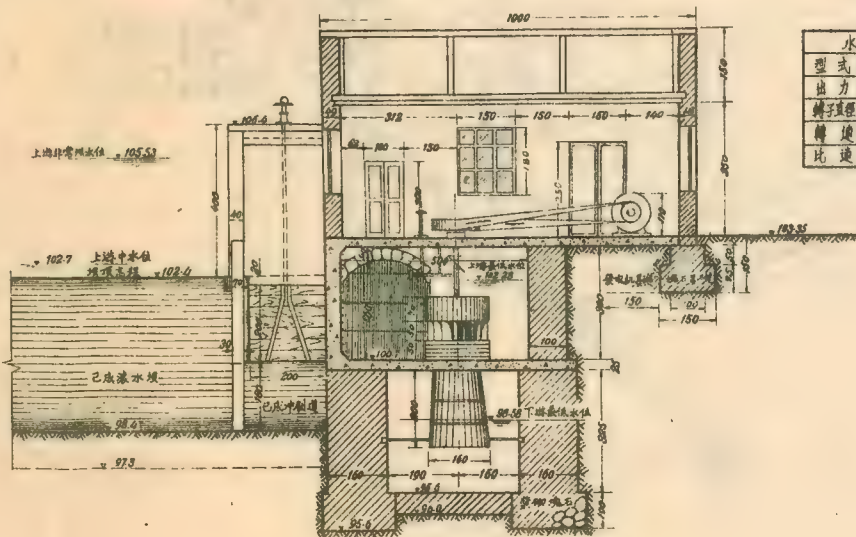
主要工作量指標表
(第一期工程)

| 項 | 目 | 指 | 標 |
|---|---------|-----|------|
| 土 | 方開挖 | 875 | 立方公尺 |
| 壩 | 砌塊石 | 207 | 立方公尺 |
| 鋼 | 筋混泥土 | 66 | 立方公尺 |
| 水 | 上部份壩基結構 | 58 | 平方公尺 |

剖面 丙—丙



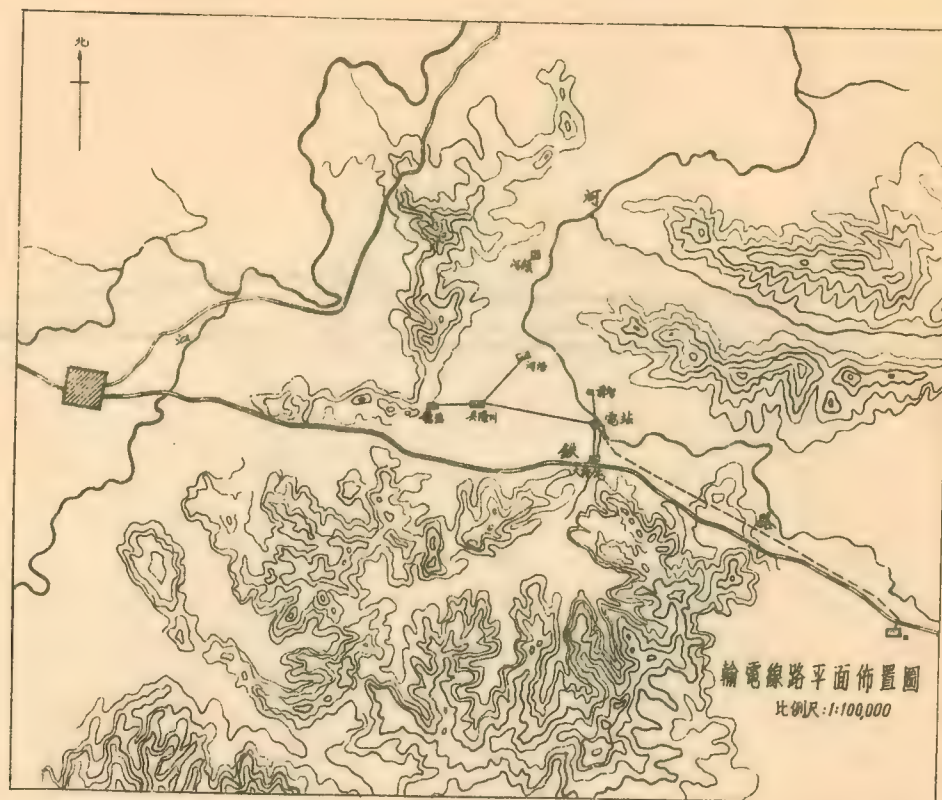
剖面 甲—甲



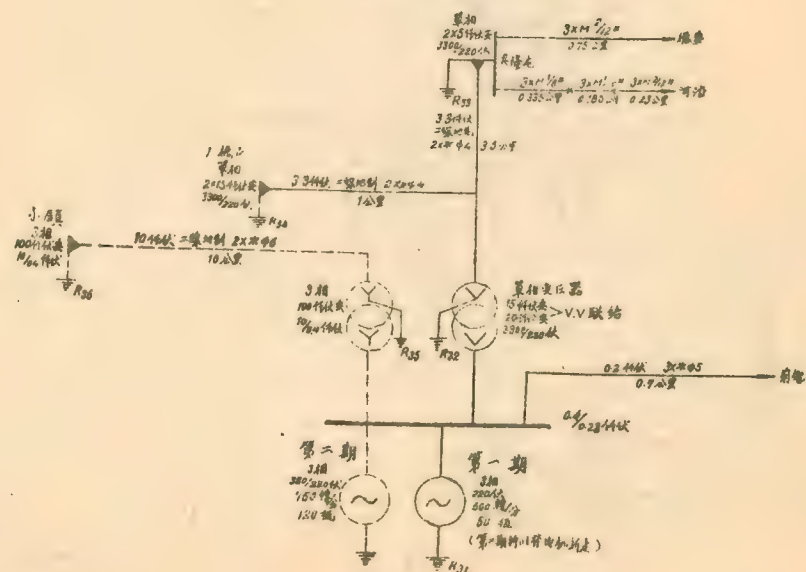
主要裝備特性表

| 水輪機 | 發電機 |
|------------|------------|
| 型式 混流式 | 型式 立式 |
| 出力 114 瓩 | 出力 50 瓩 |
| 轉速 120 轉/分 | 電壓 220 伏 |
| 轉速 238 轉/分 | 轉速 600 轉/分 |
| 比速 600 | 運轉 50 |

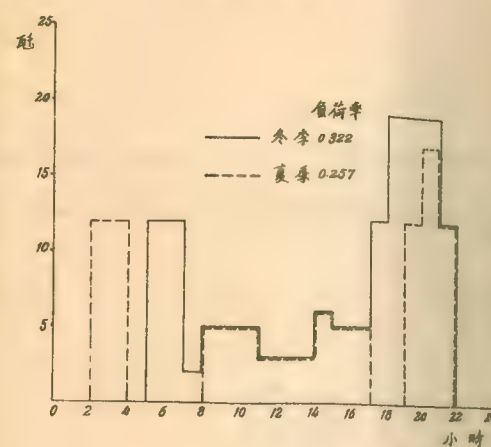
剖面 乙—乙



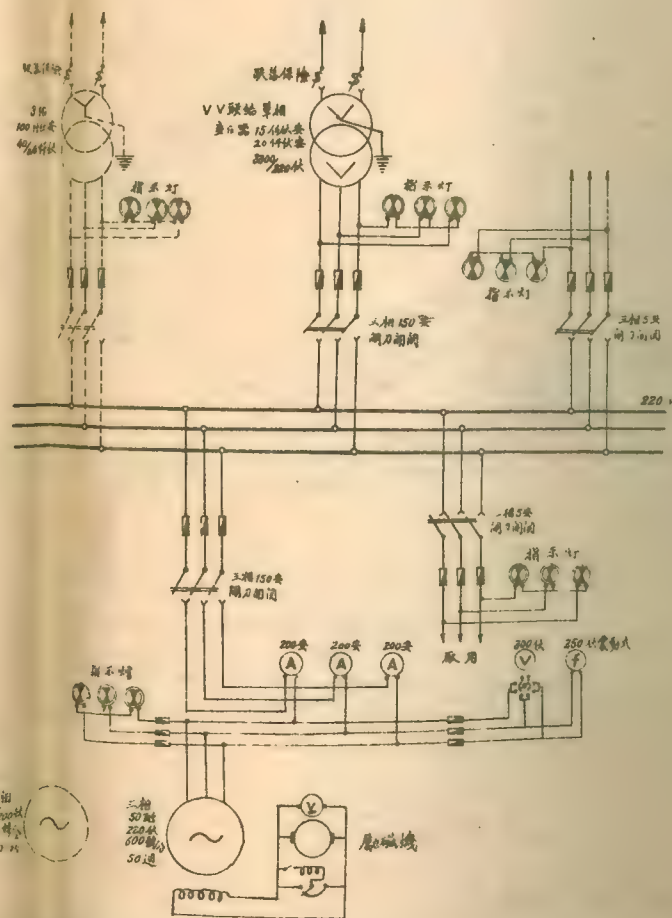
輸電線路結線圖



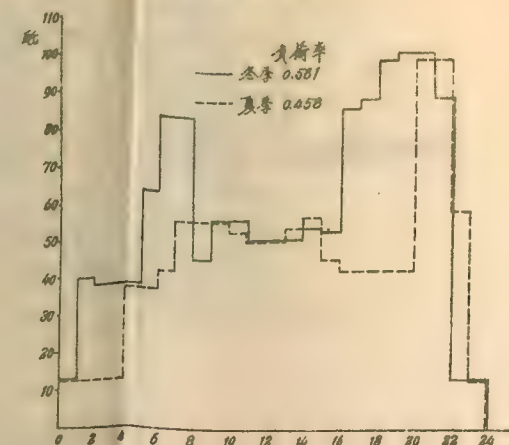
荷負曲線圖



廠內電氣主結線圖



荷負曲線圖



符號說明表

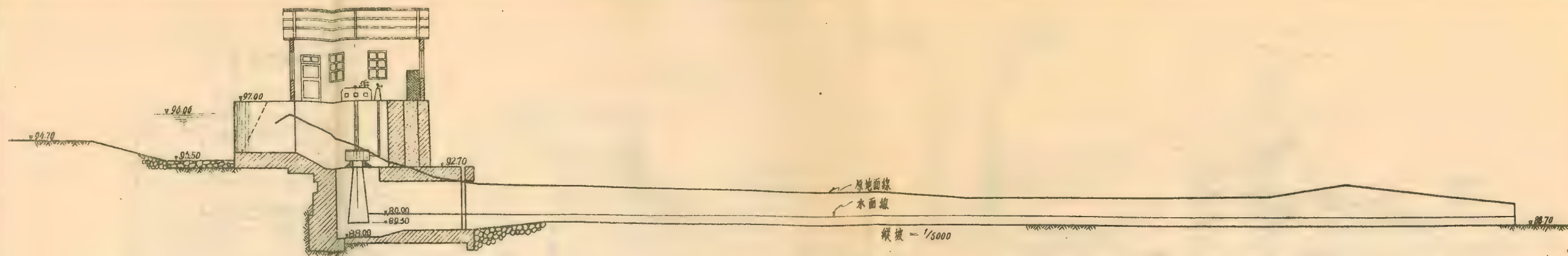
| 符號 | 說明 |
|--------|-------------|
| — | 送電線第一期工程 |
| - - - | 送電線第二期工程 |
| ⊙ | 發電機(交流電) |
| ⊗ | 井底發電機 |
| △ | 用戶戶用發電機 |
| ⊕ | 接地及接地電阻 |
| 2x3/4" | 直徑6公厘的鋼管 |
| 3x1/2" | 鋼管線路(第一、二期) |

接地電阻表

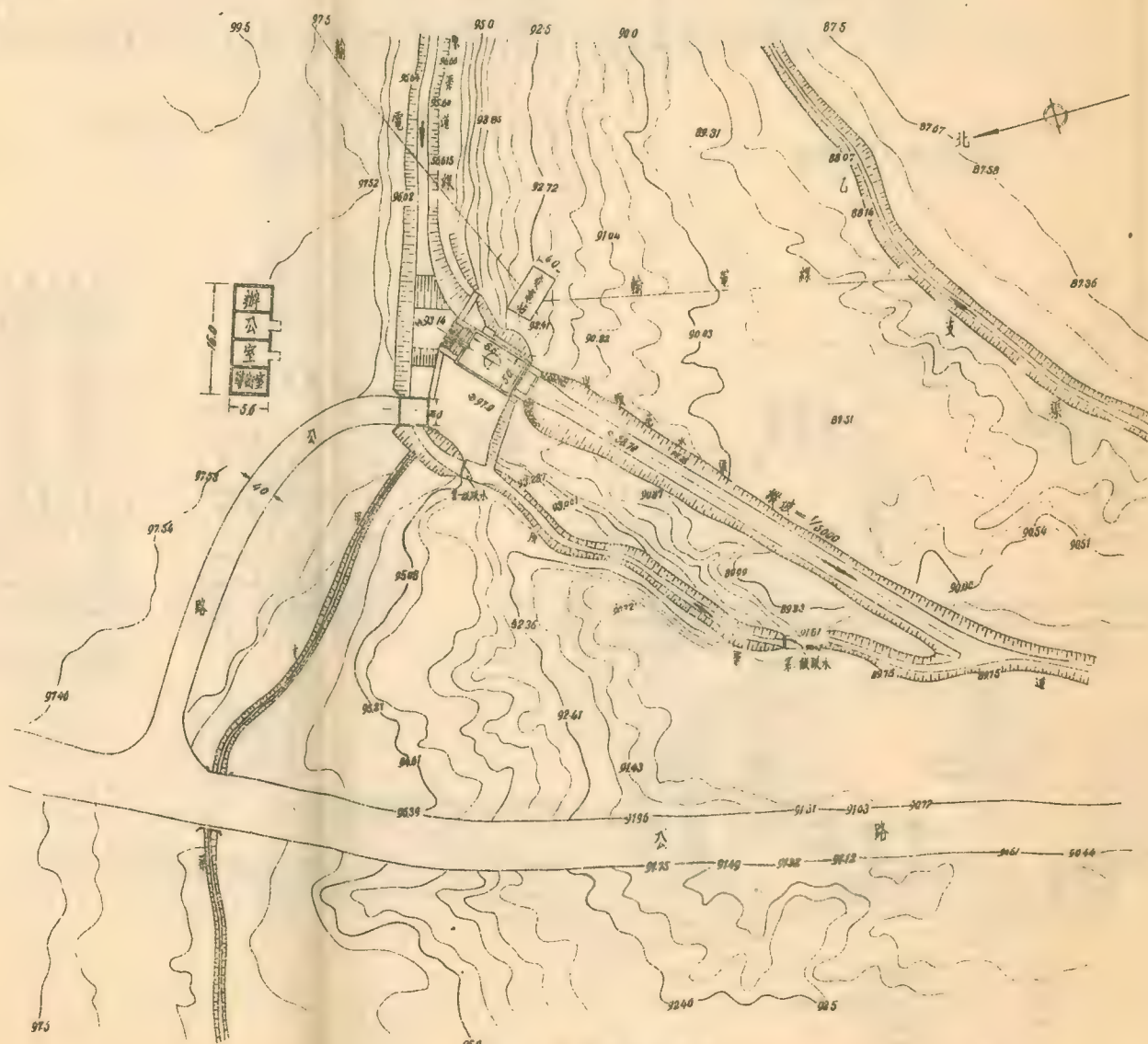
| 接地電阻 | 電阻值(歐) |
|------|--------|
| R31 | 10 |
| R32 | 11 |
| R33 | 33 |
| R34 | 16.4 |
| R35 | 8.68 |
| R36 | 8.68 |

用戶負荷表

| 用戶名稱 | 用電量(瓩) |
|------|--------|
| 縣政府 | 0.9 |
| 縣立醫院 | 8.4 |
| 大橋 | 7.5 |
| 縣立中學 | 82.0 |
| 縣立小學 | 第一、二期 |



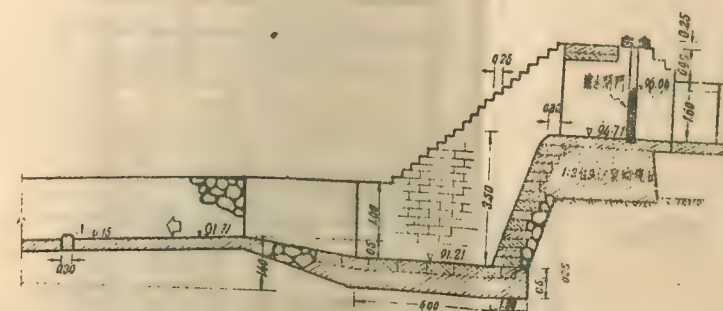
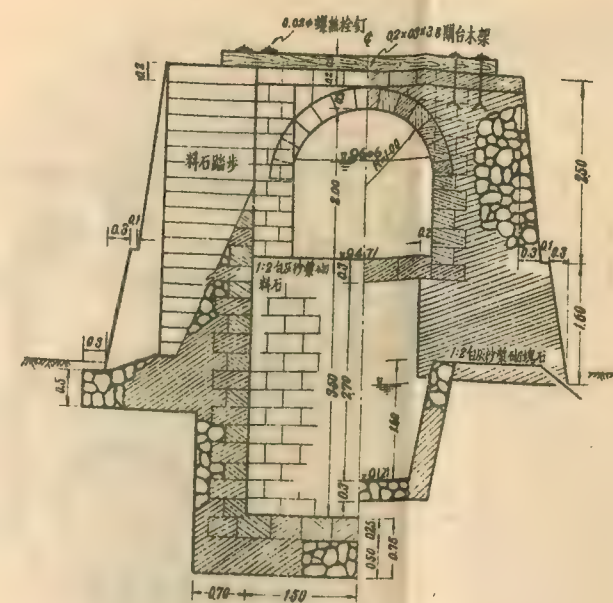
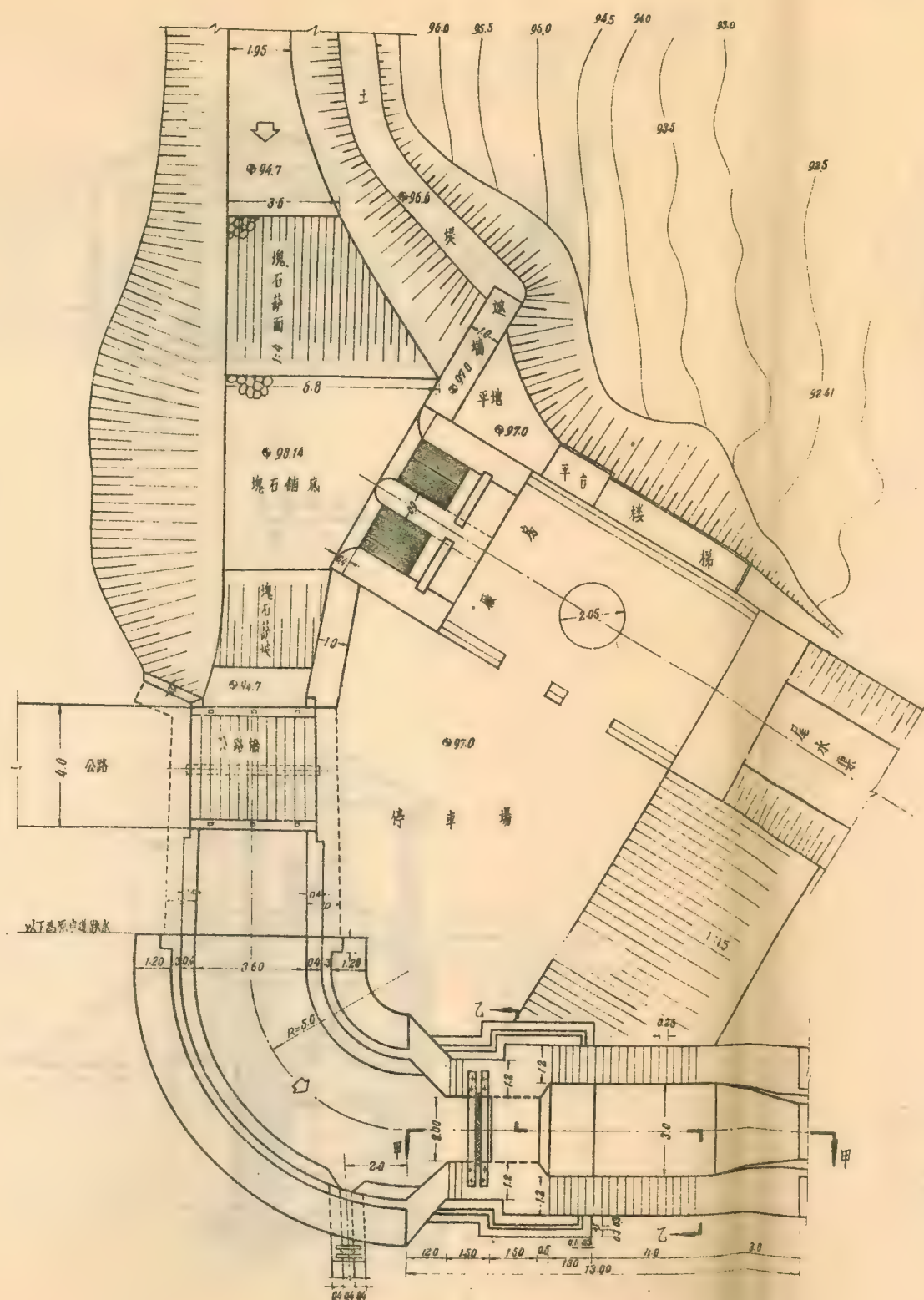
電廠縱剖面圖

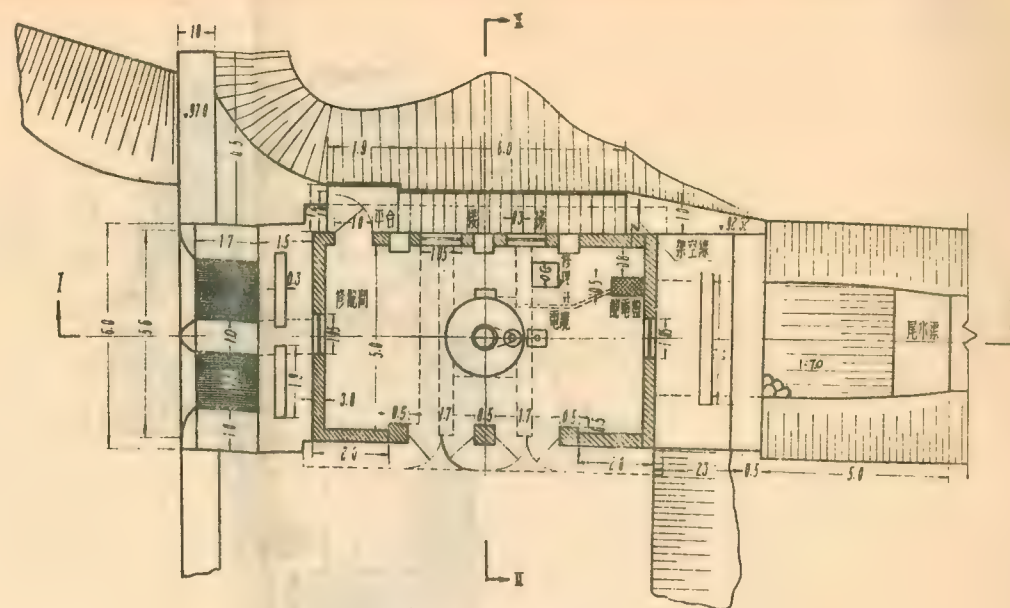


水力樞紐平面圖

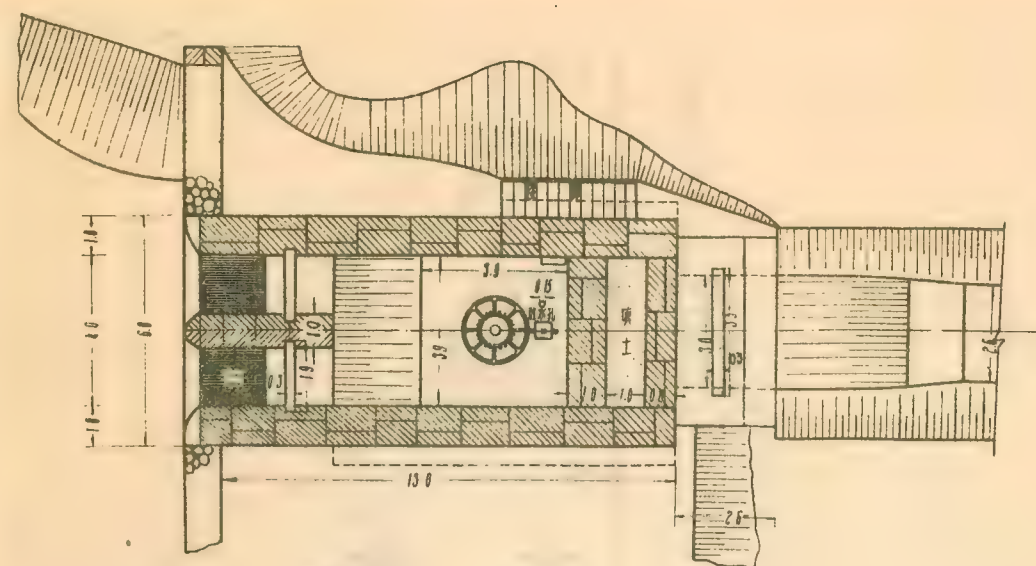


尾水堰断面

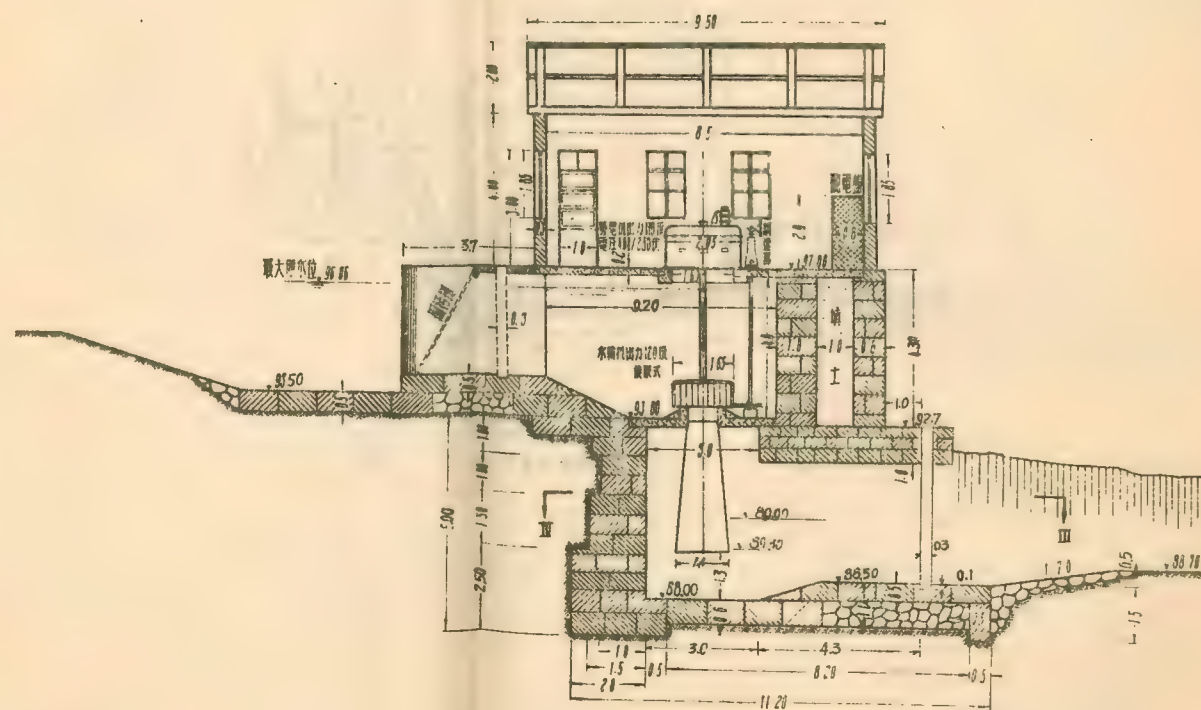




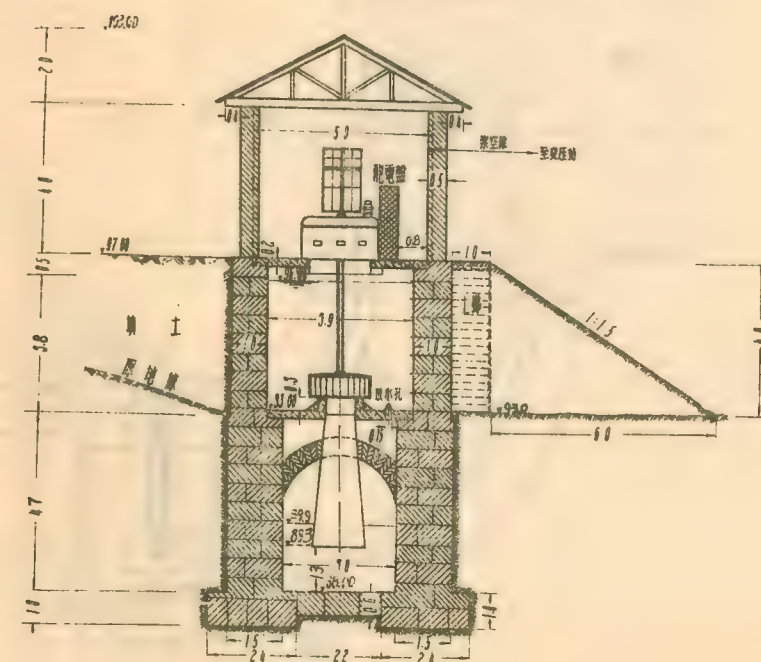
發電機層平面圖



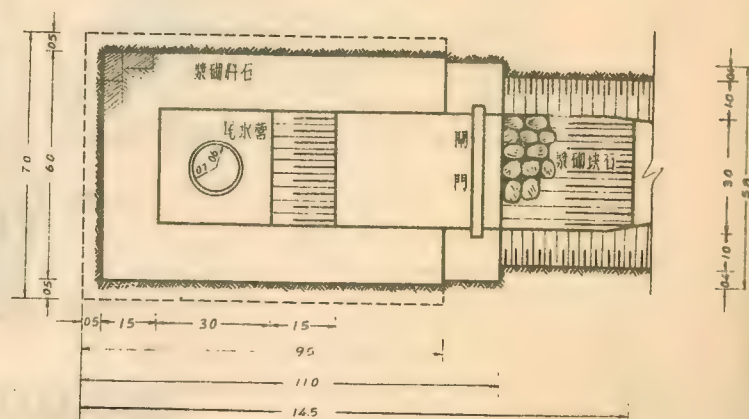
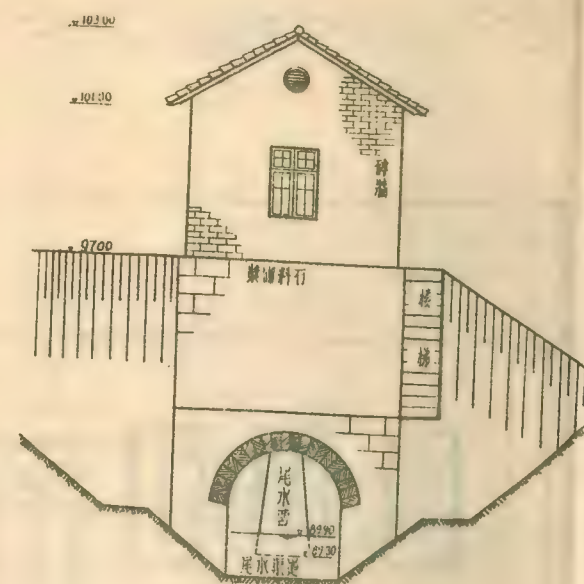
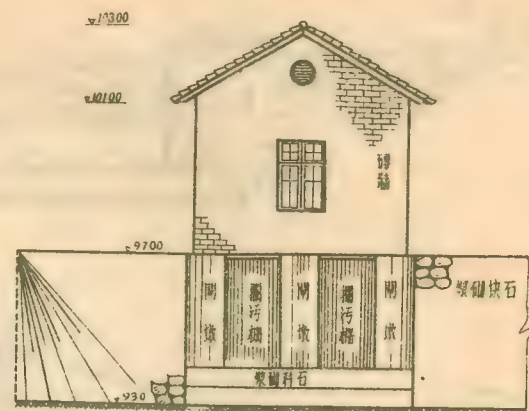
水輪機層平面圖



【一】断面图



I—I 断面图

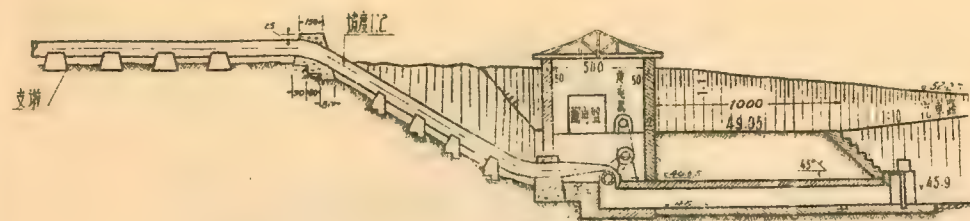


III—III 平面圖

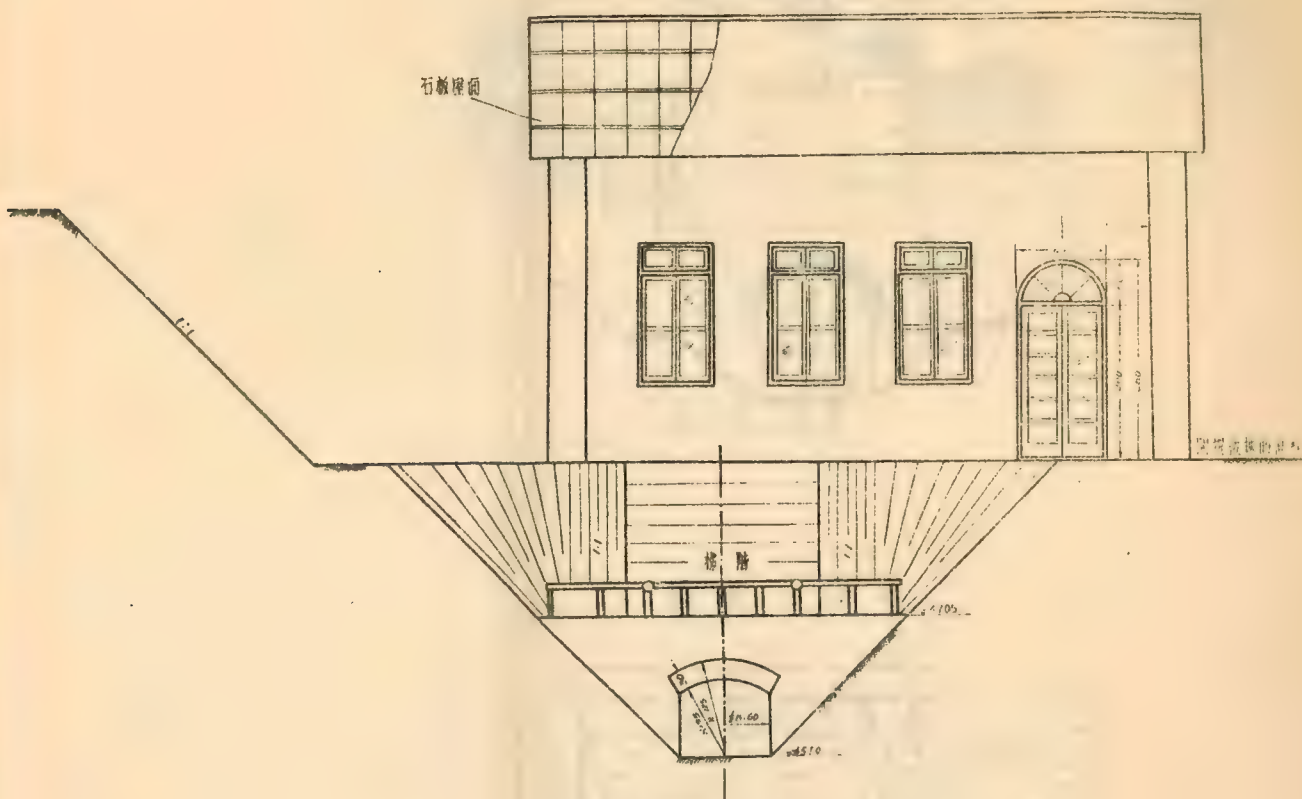
圖 面 正 房 殿

| 主 要 材 料 用 量 表 | | | |
|---------------|-----|------|------|
| 材料的名稱 | 單 位 | 數 量 | 備 考 |
| 灰 石 | 公 方 | 30 | 包粘建水 |
| 料 石 | " | 360 | |
| 洋 灰 | 噸 | 29 | |
| 磚 | 塊 | 5000 | |
| 青 瓦 | 片 | 6000 | |
| 鋼筋混凝土 | 公 方 | 14 | |

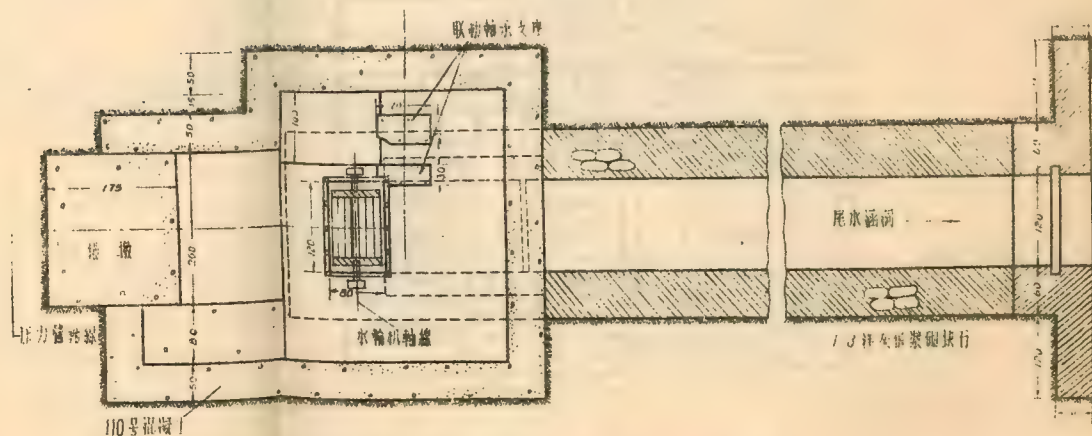
| 電 廠 及 其 主 要 設 備 | | | | | |
|-----------------|---------|----------------|--------|-------|----------|
| 電 源 情 況 | | 水 輪 機 | | 發 電 機 | |
| 形 式 | 渠道引水式 | 型 式 | PT-101 | 名 額 | 兩台發電機 |
| 水 頭 | 60公尺 | 出 力 | 112千瓦 | 出 力 | 105千瓦 |
| 流 量 | 2.5秒公方 | 直 徑 | 74公分 | 電 壓 | 400/230伏 |
| 出 力 | 105千瓦 | 轉 速 | 500轉/分 | 轉 速 | 500轉/分 |
| 年電能 | 45萬度 | H ₂ | 594公尺 | 功率因數 | 0.8 |
| 投 資 | 123140元 | 製 造 地 | 重 慶 | | |



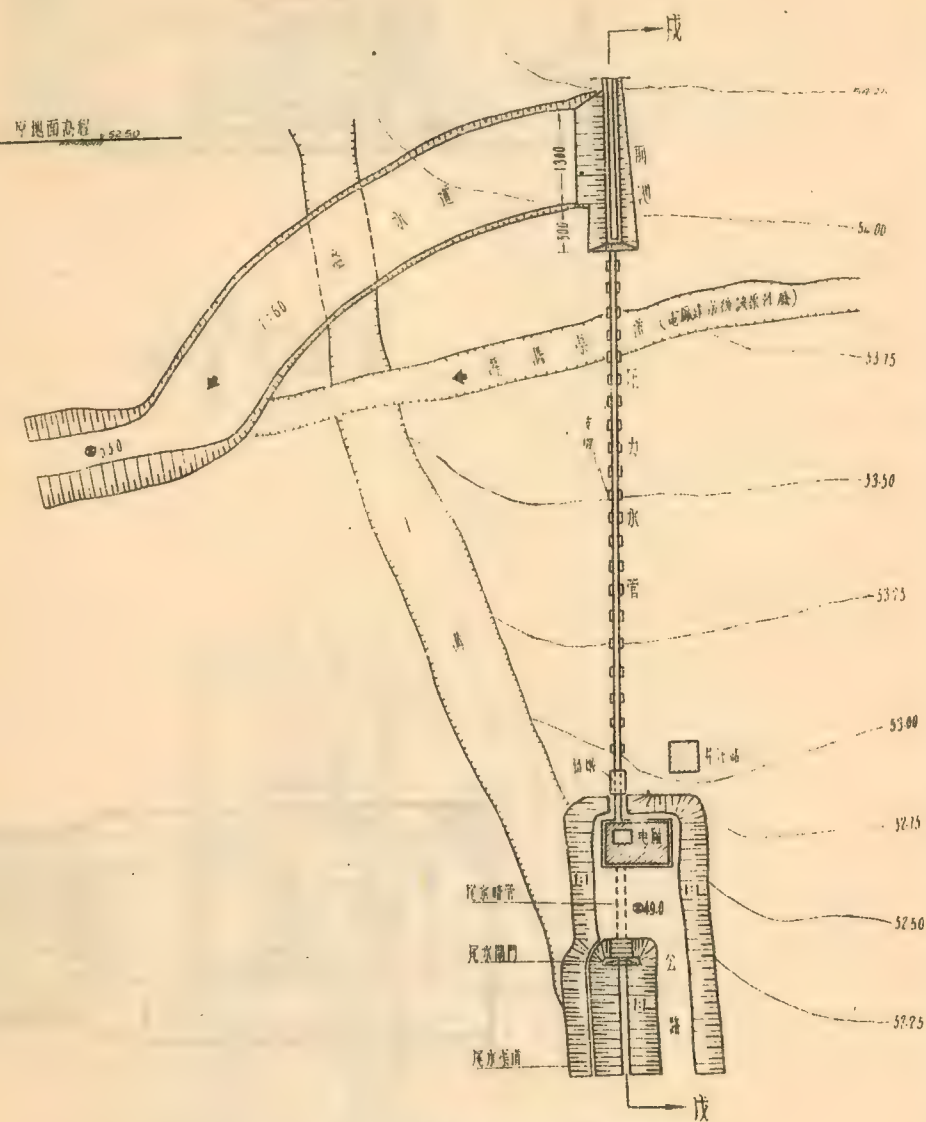
戊戌圖



廠房前視圖



水 輪 機 層 平 面 圖 丙—丙



電廠及壓力引水建築平面佈置圖

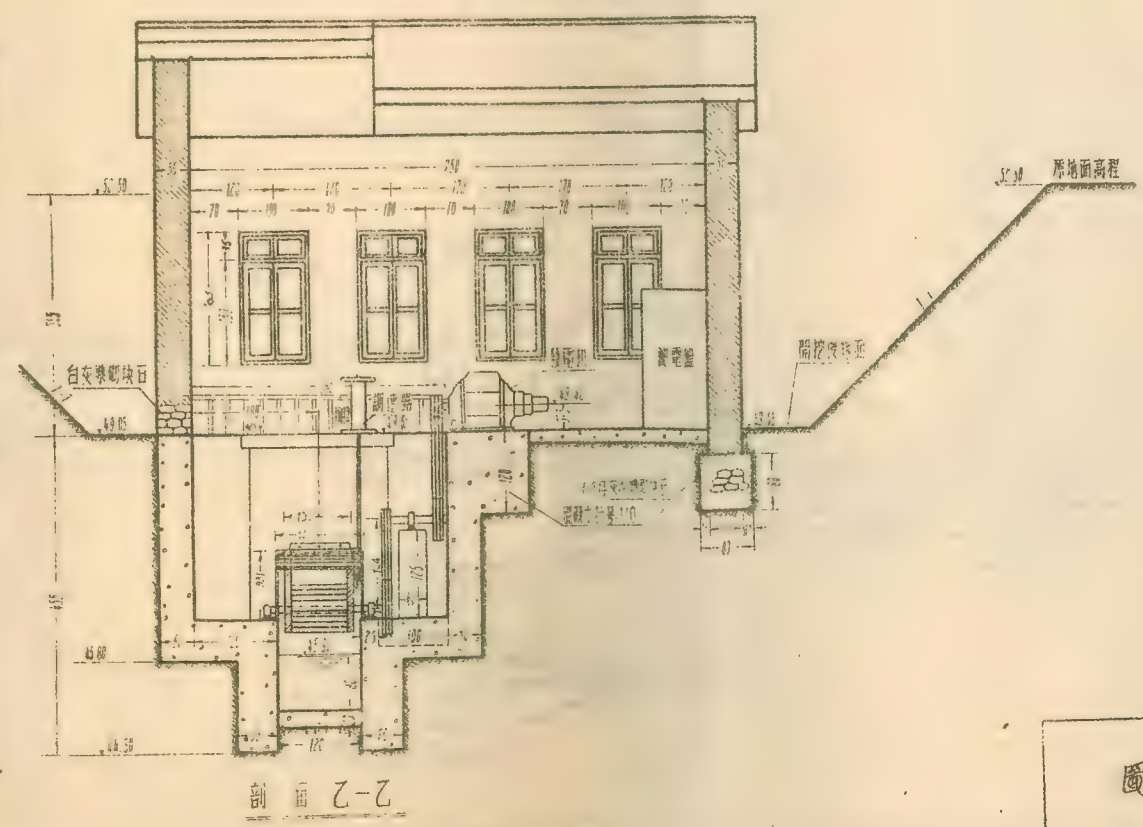
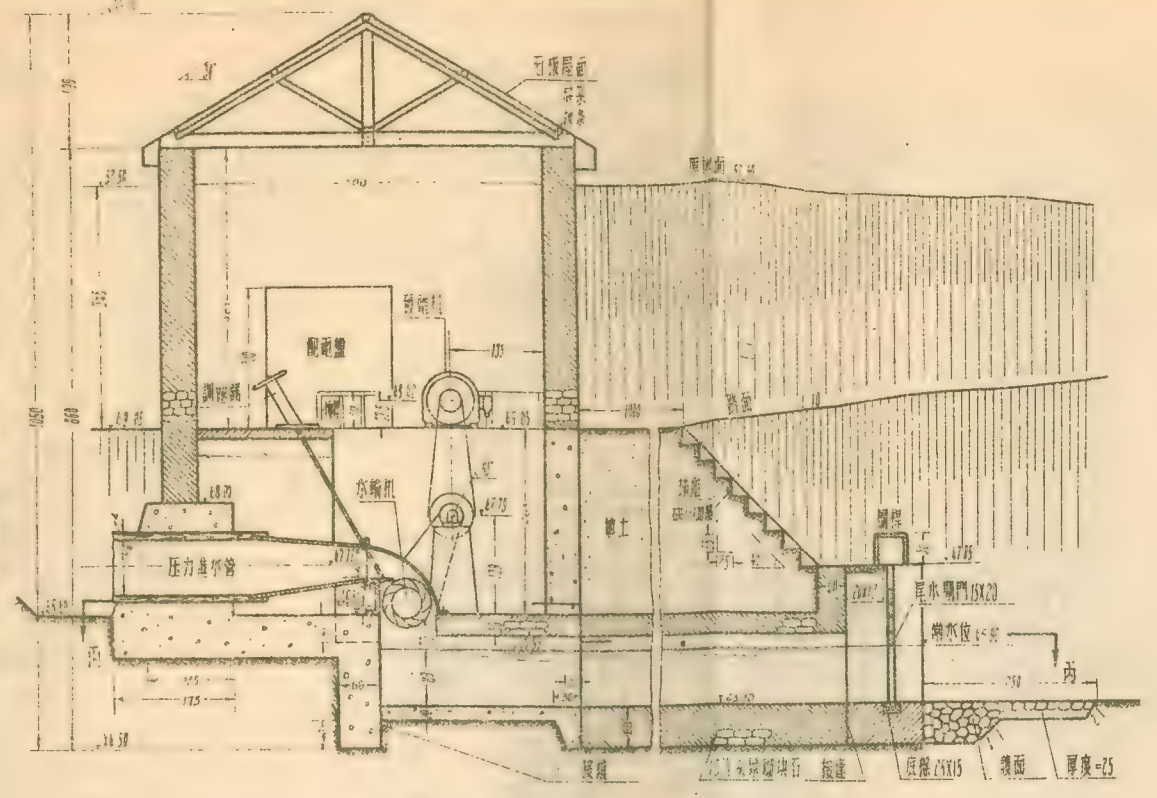
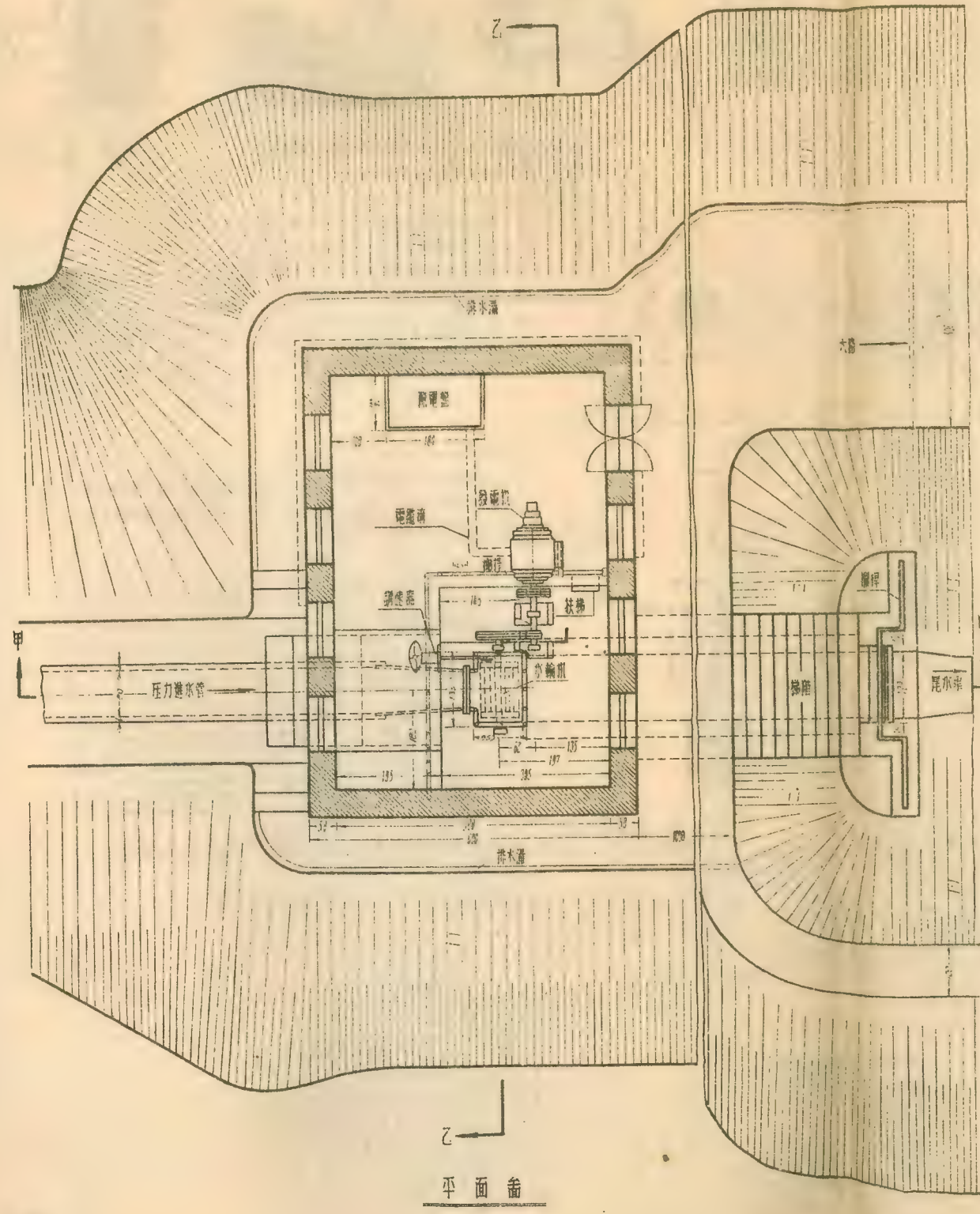
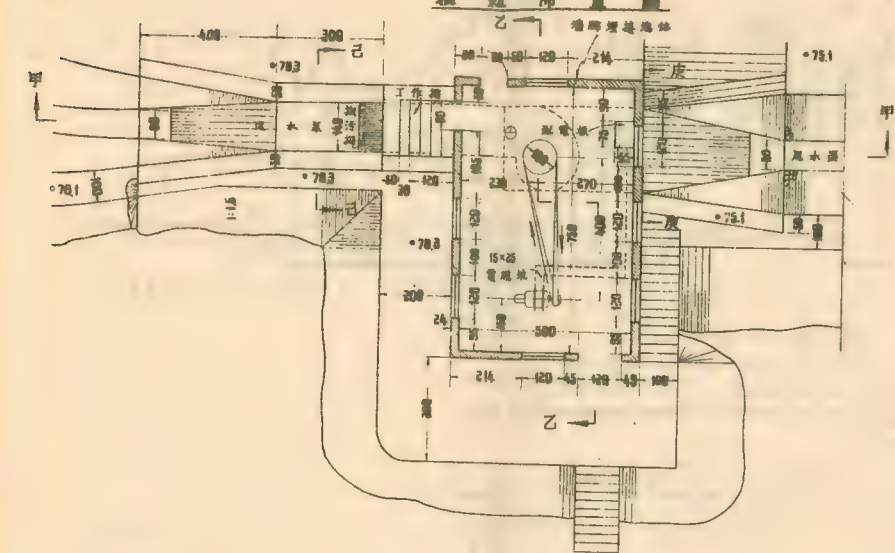
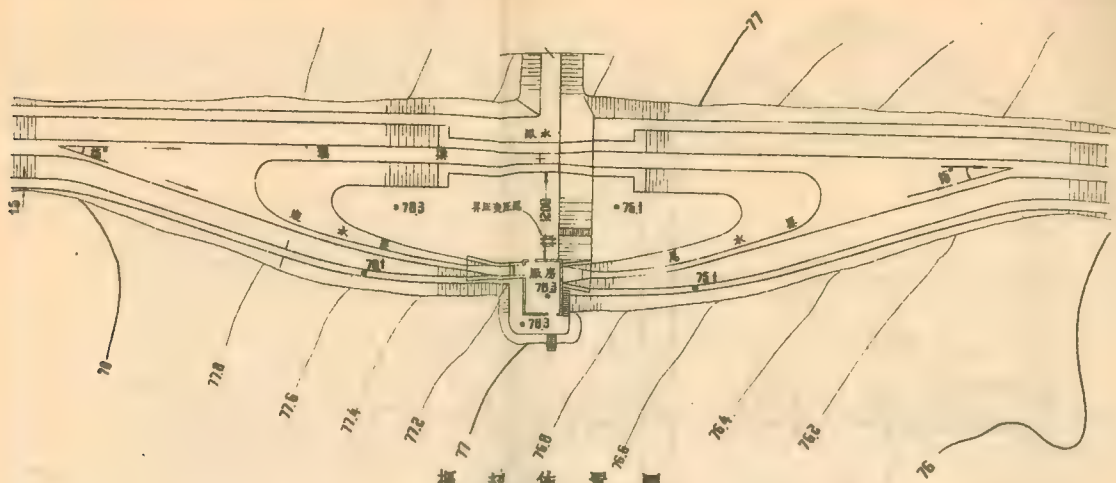
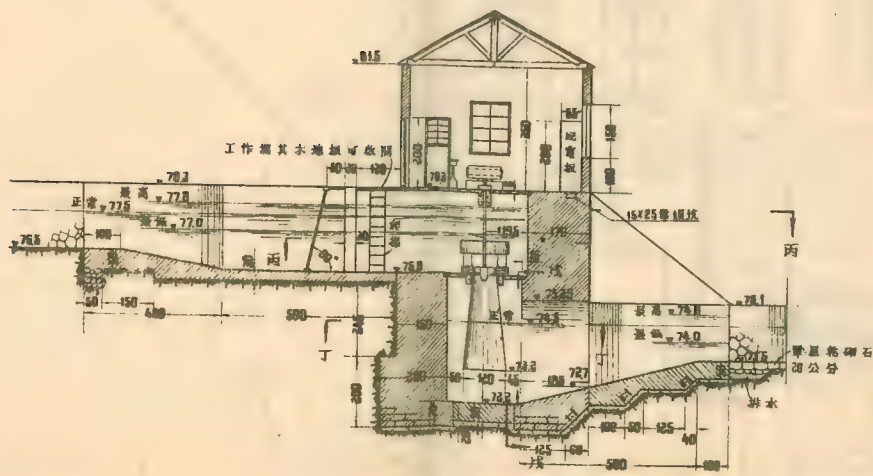


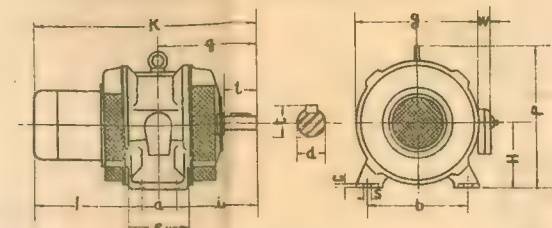
圖 30 文



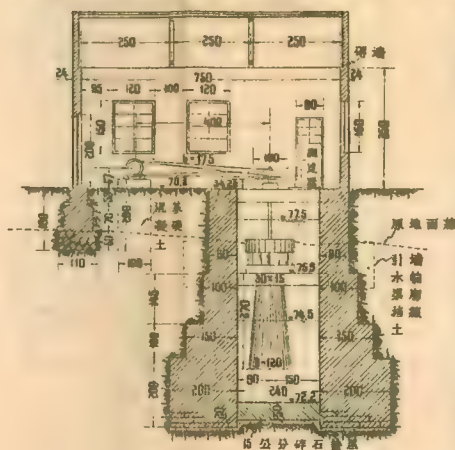
廠房平面佈置圖



剖面 甲—甲



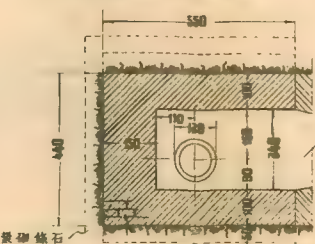
C 系列同類發電機外部尺寸



剖面 乙—乙



剖面 丙—丙



剖面 丁—丁 (尾水管平面)

戊—戊剖面

己—己剖面

庚—庚剖面

正視圖

| 發電機型號 | 外 形 尺 寸 (公厘) | | | | | | | | | | | | | | | | 容量 千伏安 | | |
|--------|--------------|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|----|-----|-----------|----|----|
| | a | b | c | d | e | f | g | h | i | j | k | l | p | q | n | t | | u | v |
| C-81-4 | 150 | 450 | 25 | 60 | 240 | 530 | 530 | 280 | 495 | 360 | 1005 | 140 | 617 | 435 | 22 | 655 | 18 | 70 | 15 |
| C-81-6 | 220 | 450 | 25 | 60 | 310 | 530 | 530 | 280 | 495 | 360 | 1075 | 140 | 617 | 470 | 22 | 655 | 18 | 70 | 30 |
| C-82-4 | 180 | 500 | 30 | 75 | 392 | 600 | 600 | 335 | 532 | 390 | 1102 | 140 | 620 | 480 | 27 | 810 | 20 | 70 | 35 |
| C-82-6 | 260 | 500 | 30 | 75 | 372 | 600 | 600 | 335 | 532 | 390 | 1182 | 140 | 750 | 520 | 27 | 810 | 20 | 70 | 60 |
| C-91-4 | 260 | 500 | 30 | 75 | 372 | 600 | 600 | 425 | 572 | 430 | 1252 | 140 | 750 | 560 | 27 | 810 | 20 | 70 | 80 |

說明:

本設計的各部分尺寸都是按照設置 700 公厘直徑的木製螺旋式水輪機及 30 瓩離心發電機而確定的, 它的適用範圍為: 水頭 2 至 4 公尺, 出力 17 至 47 瓩。在這一範圍內的各種水頭下水電站主要指標如下表:

| 水頭 (公尺) | 4.00 | 3.75 | 3.50 | 3.25 | 3.00 | 2.75 | 2.50 | 2.25 | 2.00 |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 流量 (秒公方) | 1.58 | 1.53 | 1.48 | 1.43 | 1.37 | 1.32 | 1.23 | 1.19 | 1.12 |
| 出力 (瓩) | 47.0 | 42.5 | 38.3 | 34.5 | 30.5 | 26.8 | 23.3 | 20.0 | 16.7 |
| 轉速 (水輪機) (轉/分) | 427 | 414 | 398 | 382 | 370 | 354 | 337 | 320 | 300 |
| 尾水管出口直徑 (秒公方) | 1.40 | 1.35 | 1.31 | 1.27 | 1.21 | 1.17 | 1.09 | 1.05 | 0.99 |
| 尾水管淹沒水深 (公尺) | 0.30 | 0.55 | 0.80 | 1.05 | 1.30 | 1.55 | 1.80 | 2.05 | 2.30 |

水頭變化時, 只改變尾水管淹沒水深而不改變水輪機直徑。在最大水頭小於 2.5 公尺時, 可考慮縮小尾水管出口直徑為 10 公厘, 並適當縮短尾水管長度為 2.0 公尺, 其他尺寸不動。

總佈置應根據當地地形條件而確定, 本設計是根據導水的地形條件而確定的, 在改變總佈置時, 可以改變廠房的方向, 但不能改變水輪機、發電機和導水方向的关系及尺寸。

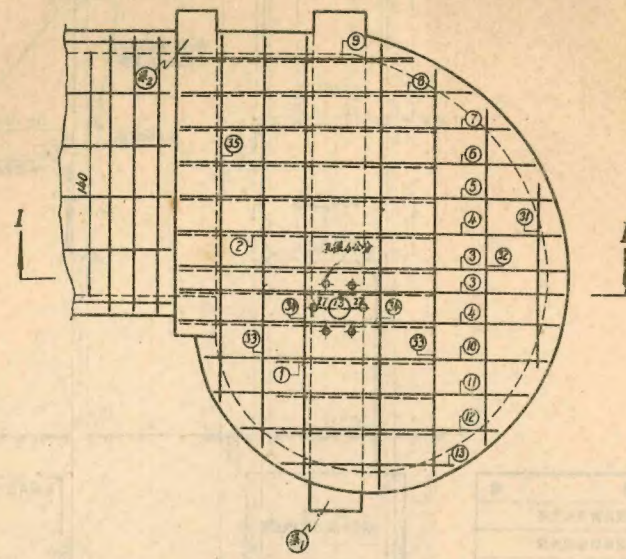
基礎土壤的承壓力按 1 公斤/平方公分計算。如果土壤承壓力等於或大於 1 公斤/平方公分時可以使用本設計的尺寸, 如果土壤承壓力小於 1 公斤/平方公分則應重新校核壓力及其其他有關數據。

本設計的一般結構與其他水利建築相同部分即不再詳述。

由於我們技術水平的限制, 使用者如發現錯誤, 請即函告“水利部北京勘测設計院”。

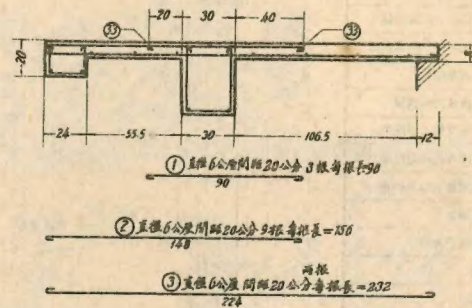
| 材料名稱 | 用途 | 單位 | 數量 |
|-------|---------------------|----|-----|
| 漿砌卵石 | 水輪機室及尾水管周圍花牆及牆 | 方 | 168 |
| 漿砌塊石 | 進水及尾水管牆土牆及牆底 | 方 | 90 |
| 磚 | 廠房牆壁 | 方 | 16 |
| 斷砌塊石 | 牆 | 方 | 23 |
| 土方 | (按地形情況變化而不同, 此處無計算) | | |
| 房屋用木料 | (此處不計) | | |

發電機室地板結構平面圖

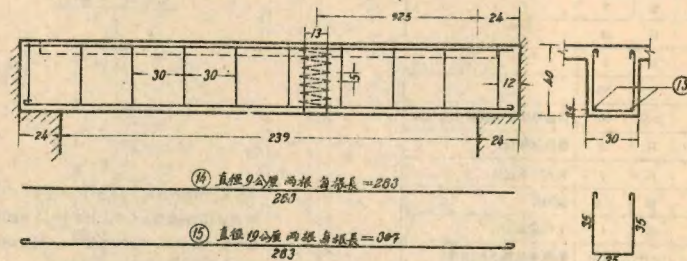


剖面 I-I

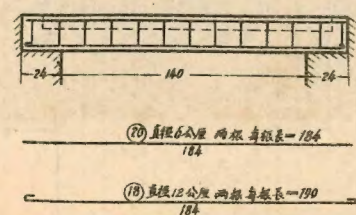
板厚 8 公分



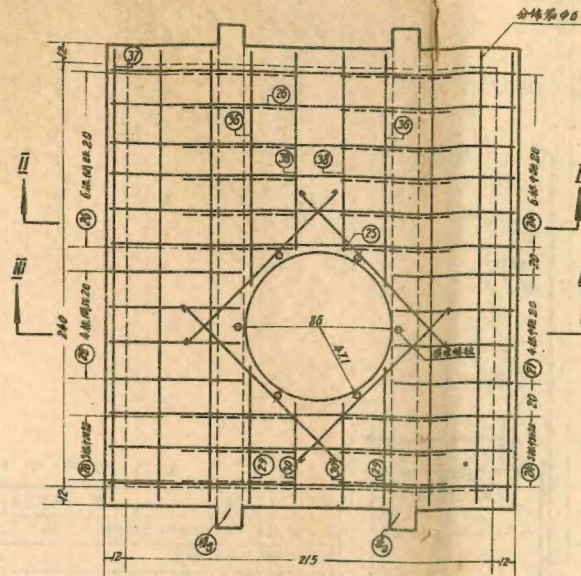
梁 1 斷面積 = 30x40



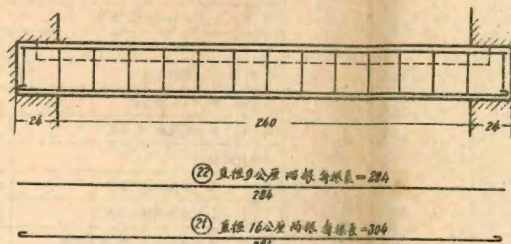
梁 2 斷面積 = 24x20



水輪機底蓋板結構平面圖

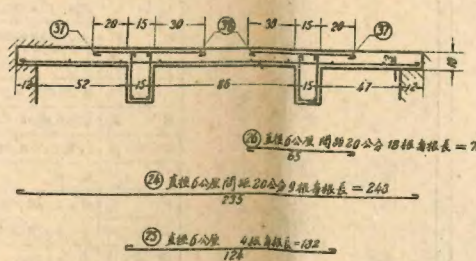


梁 3 斷面積 = 15x30

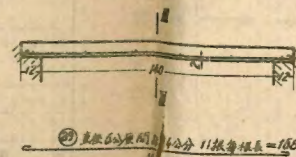


剖面 II-II

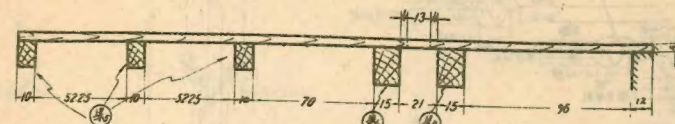
板 2 厚 10 公分



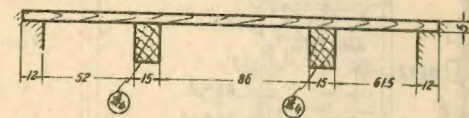
板 3 厚 8 公分 120



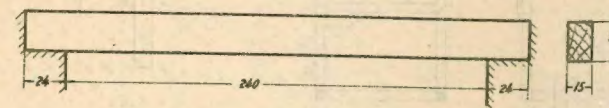
發電機室木地板 剖面 I-I



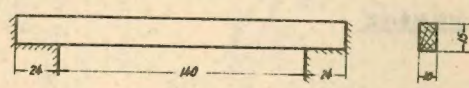
水輪機室底蓋板 剖面 II-II 1:20



梁 4 A = 15x22

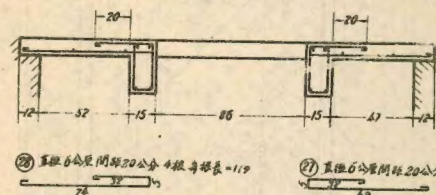


梁 5 A = 10x15

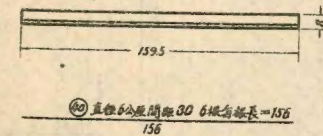


| | |
|------|------------|
| 木 梁 | 0.493 立方公尺 |
| 木 地板 | 0.874 立方公尺 |

剖面 III-III

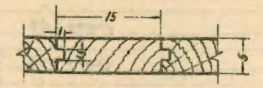


剖面 III-III



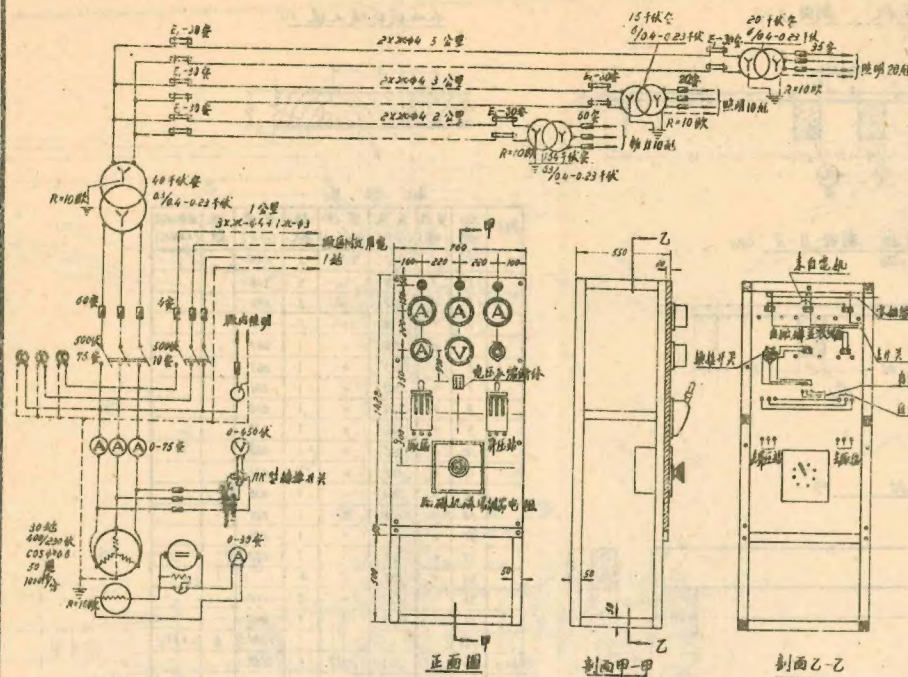
| | |
|------|---------|
| 混凝土板 | 110 公分 |
| 鋼筋板 | 2500 公分 |

木地板接縫大樣 1:5

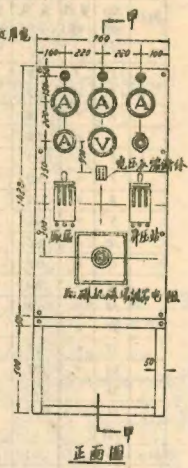


| 部位 | 編號 | 直徑 (公分) | 單位 | 根數 | 重量 (公斤) | 塊數 | 備註 |
|-----|----|---------|-----|-------|---------|-------|------|
| 板 1 | 1 | 6 | 102 | 0.222 | 3 | 0.60 | |
| | 2 | " | 138 | " | 9 | 3.16 | |
| | 3 | " | 232 | " | 2 | 1.03 | |
| | 4 | " | 228 | " | 2 | 1.01 | |
| | 5 | " | 222 | " | 1 | 0.69 | |
| | 6 | " | 213 | " | 1 | 0.67 | |
| | 7 | " | 202 | " | 1 | 0.64 | |
| | 8 | " | 179 | " | 1 | 0.40 | |
| | 9 | " | 146 | " | 1 | 0.32 | |
| | 10 | " | 205 | " | 1 | 0.46 | |
| | 11 | " | 190 | " | 1 | 0.42 | |
| | 12 | " | 160 | " | 1 | 0.36 | |
| | 13 | " | 110 | " | 1 | 0.24 | |
| | 31 | " | 110 | " | 1 | 0.24 | |
| | 32 | " | 190 | " | 1 | 0.42 | |
| 板 2 | 33 | " | 235 | " | 4 | 1.12 | |
| | 34 | " | 252 | " | 2 | 1.12 | |
| | 35 | " | 205 | " | 1 | 0.46 | |
| | 小計 | | | | 13.81 | 1 | 0.39 |
| | 24 | 6 | 243 | 0.222 | 9 | 4.85 | |
| | 25 | " | 132 | " | 4 | 1.17 | |
| | 26 | " | 73 | " | 18 | 2.92 | |
| | 27 | " | 114 | " | 4 | 1.01 | |
| | 28 | " | 119 | " | 4 | 1.05 | |
| | 29 | " | 80 | " | 2 | 0.36 | |
| | 30 | " | 60 | " | 4 | 0.54 | |
| | 36 | " | 135 | " | 2 | 0.60 | |
| | 37 | " | 257 | " | 8 | 6.56 | |
| | 38 | " | 115 | " | 4 | 1.02 | |
| | 小計 | | | | 18.10 | 1 | 0.49 |
| 板 3 | 39 | 6 | 168 | 0.222 | 11 | 4.10 | |
| | 40 | " | 156 | " | 6 | 2.08 | |
| | 小計 | | | | 6.18 | 1 | 0.27 |
| 梁 1 | 14 | 9 | 207 | 0.5 | 2 | 2.83 | |
| | 15 | 19 | 307 | 2.33 | 2 | 13.70 | |
| | 16 | 6 | 103 | 0.222 | 10 | 2.29 | |
| | 17 | 6 | 477 | 0.222 | 1 | 1.06 | |
| | 小計 | | | | 19.88 | 1 | 0.34 |
| 梁 2 | 18 | 12 | 199 | 0.89 | 2 | 3.54 | |
| | 19 | 6 | 57 | 0.222 | 13 | 1.65 | |
| | 20 | 6 | 184 | 0.222 | 2 | 0.82 | |
| | 小計 | | | | 6.01 | 1 | 0.09 |
| 梁 3 | 21 | 16 | 304 | 1.50 | 2 | 9.6 | |
| | 22 | 9 | 284 | 0.5 | 2 | 2.84 | |
| | 23 | 6 | 68 | 0.222 | 15 | 2.26 | |
| | 小計 | | | | 29.4 | 2 | 0.26 |
| 總計 | | | | | 93.38 | | 1.78 |

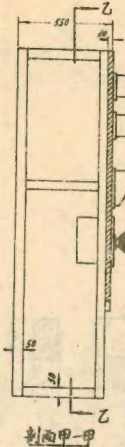
說明：水輪機及發電機室的地板製了鋼筋混凝土和木質的兩種，可視當地材料供應情況選用。



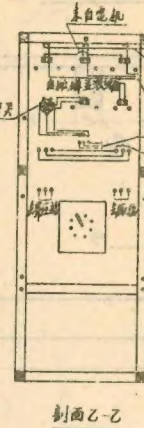
电气主接线图



正面图

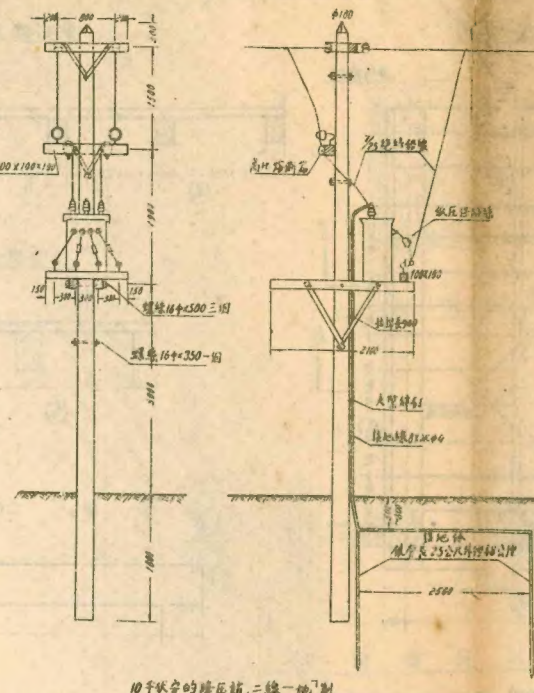


侧面甲-甲

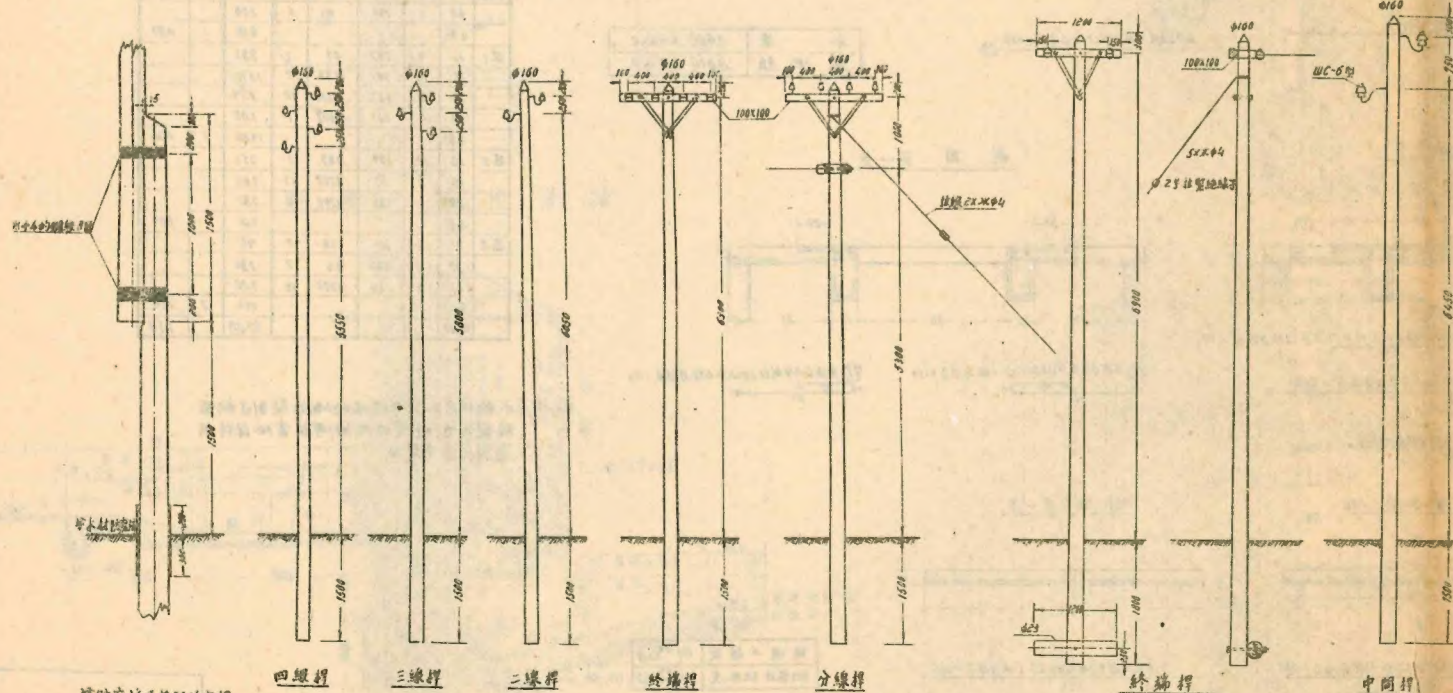


侧面乙-乙

30kVA配电柜图



10kV开关柜图



四线杆

三线杆

二线杆

终端杆

分线杆

终端杆

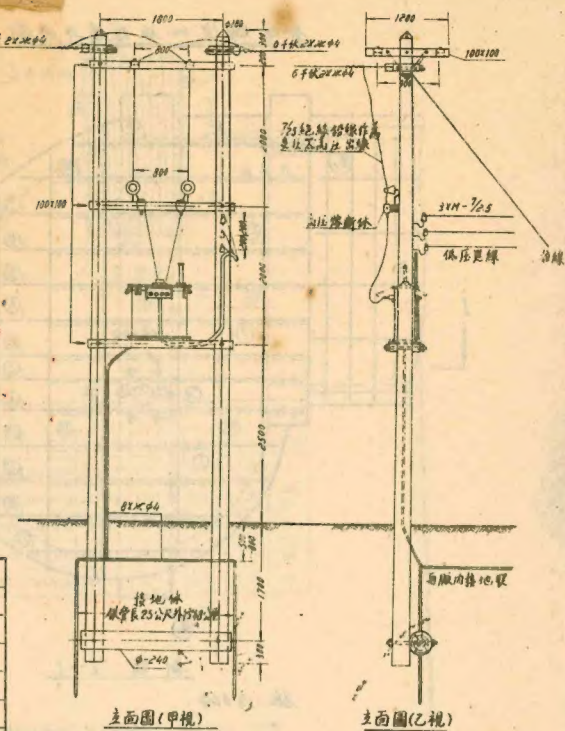
中间杆

低压电杆结构图

高压电杆结构图

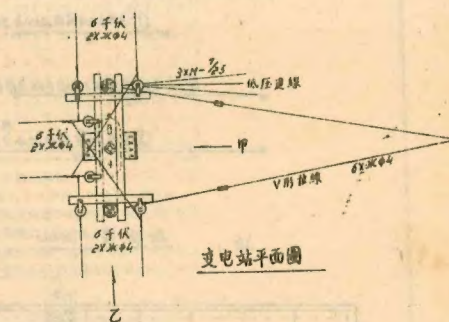
电气设备材料表

| 名称 | 规格 | 单位 | 数量 | 用途 |
|------|--------------------------|----|------|--------------|
| 配电箱 | 1428×750×530 公厘大制 | 只 | 1 | 装设仪表及开关等 |
| 电流表 | 交流 0~75 安 | 只 | 3 | 测量电机输出电流 |
| 电压表 | 交流 0~450 伏 | 只 | 1 | 测量电机的输出电压 |
| 转换开关 | 交流 TK 型 380 伏 | 只 | 1 | 切换电压电压 |
| 闸刀开关 | 3 相 500 伏 75 安 | 只 | 1 | 控制并压站 (附熔断器) |
| 熔断器 | 3 相 500 伏 10 安 | 只 | 1 | 控制并压站 (附熔断器) |
| 熔断器 | 单极 6 安 | 只 | 1 | 控制并压站 (附熔断器) |
| 熔断器 | 3 相 500 伏 | 只 | 1 | 保护并压站的故障 |
| 电灯泡 | 普通的 15 瓦灯 | 只 | 3 | 各相指示及配电板照明 |
| 熔断器 | | 只 | 1 | 测量直流电机并压站电流 |
| 导线 | 铜线 7/2.5 | 公尺 | 50 | 接电机出线及配电板 |
| 导线 | 铜线 1/2.5 | 公尺 | 50 | 接电压表 |
| 导线 | 长 9 公分, 直径 7 公厘 | 只 | 9 | 固定木板于木框上 |
| 变压器 | 3 相 40 千伏安 6/0.4~0.23 千伏 | 台 | 1 | 升压用 |
| 变压器 | 3 相 40 千伏安 6/0.4~0.23 千伏 | 台 | 1 | 降压用 |
| 变压器 | 3 相 15 千伏安 6/0.4~0.23 千伏 | 台 | 2 | 降压用 |
| 横担 | 2100×10×10 公厘 | 根 | 10 | |
| 横担 | 1500×10×10 公厘 | 根 | 3 | |
| 横担 | 1200×10×10 公厘 | 根 | 8 | |
| 拉线 | 800×40×4 公厘 | 根 | 16 | |
| 横担 | 长 560 直径 16 公厘 | 只 | 9 | |
| 横担 | 长 350 直径 16 公厘 | 只 | 30 | |
| 导线 | 铜线 7/2.5 | 公尺 | 50 | 并压站出线及降压站出线 |
| 熔断器 | E 型 30 安高压熔断 | 只 | 12 | 线路故障保护 |
| 熔断器 | 低压 | 只 | 9 | 并压站低压侧 |
| 铁管 | 长 2.5 公尺, 外径 48 公厘 | 根 | 11 | 接地线 |
| 埋木 | 长 1.5 公尺, 直径 25 公分 | 根 | 4 | 承拉线的拉力 |
| 导线 | 铜线 7/2.5 | 公斤 | 2430 | 电线路拉线及接地线 |
| 导线 | 铜线 7/2.5 | 公斤 | 58 | 低压中心线 |
| 电杆 | 长 9 公尺, 梢径 16 公分 | 根 | 138 | 高压支柱变电站木杆 |
| 电杆 | 长 8 公尺, 梢径 16 公分 | 根 | 20 | 低压支柱 |
| 绝缘子 | WC-6 型 | 只 | 276 | 高压线路及变电站 |
| 绝缘子 | 瓷瓶, 6 千伏 | 只 | 18 | |
| 绝缘子 | 6 千伏拉线绝缘子 | 只 | 5 | |
| 绝缘子 | T 型绝缘子 | 只 | 87 | 低压线路 |
| 铁线 | 铜线 7/2.5 | 公斤 | 3 | 导线与电杆的连接 |
| 漆油 | | 公斤 | 600 | 防止电杆受潮增长使用年限 |
| 绝缘 | 60×60×6 公厘 | 只 | 78 | 与导线同用 |



主面图(甲视)

主面图(乙视)



变电站平面图

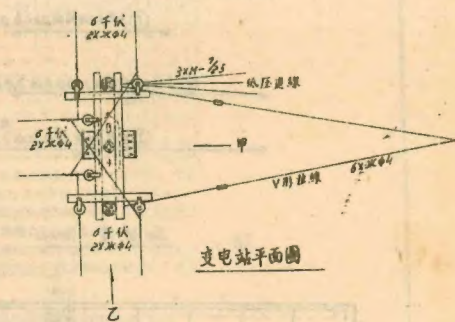
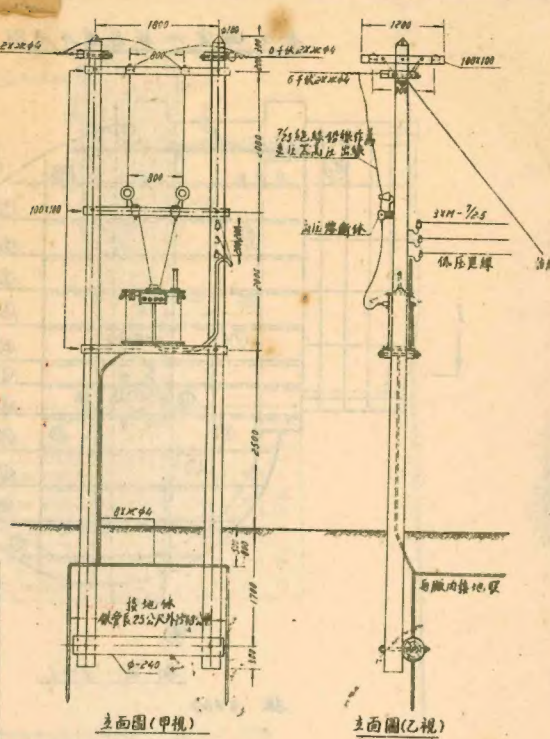
说明

1. 本输电线路的通用范围是 30 瓦容量的能输 7 公里, 50 瓦容量的能输 3 公里, 如能输 5 公里则可改用 M-45 制。其他变压器设备可照图安装, 其容量能输容量而定。
2. 如电杆用接线的便宜时, 则应采用接线的电杆。
3. 接地体应采用当地的钢材, 如没有钢材, 可用铁丝。

5614
3

电气设备材料表

| 名称 | 规格 | 单位 | 数量 | 用途 |
|-------|--------------------------|----|------|--------------|
| 配电箱 | 1428×750×550 公厘木制 | 只 | 1 | 装设仪表及开关等 |
| 电流表 | 交流 0~75 安 | 只 | 3 | 测量电机输出电流 |
| 电压表 | 交流 0~450 安 | 只 | 1 | 测量变压机的输出电流 |
| 熔断器 | 交流 RK 型 380 伏 | 只 | 1 | 保护控制电压箱 |
| 闸刀开关 | 3 相 500 伏 75 安 | 只 | 1 | 控制升压站 (附熔断器) |
| 鼓形开关 | 3 相 500 伏 10 安 | 只 | 1 | 控制厂内照明 |
| 熔断器 | 3 相 500 伏 10 安 | 只 | 1 | 控制厂内照明 |
| 电灯泡 | 普通的 15 瓦灯 | 只 | 3 | 各相指示及配电板照明 |
| 磁通变压器 | | 只 | 1 | 测量直流电机并磁通电流 |
| 导线 | 绝缘铜线 7/2.5 | 公尺 | 50 | 接电机出线及馈电线用 |
| 导线 | 绝缘铜线 1/2.5 | 公尺 | 50 | 联接电压表 |
| 导线 | 长 9 公分, 直径 7 公厘 | 只 | 9 | 固定木板于木框上 |
| 变压器 | 3 相 40 千伏安 6/0.4~0.23 千伏 | 台 | 1 | 升压用 |
| 变压器 | 3 相 40 千伏安 6/0.4~0.23 千伏 | 台 | 1 | 降压用 |
| 变压器 | 3 相 15 千伏安 6/0.4~0.23 千伏 | 台 | 2 | 降压用 |
| 铁柜 | 2100×10×10 公厘 | 根 | 10 | |
| 铁柜 | 1500×10×10 公厘 | 根 | 3 | |
| 铁柜 | 1200×10×10 公厘 | 根 | 8 | |
| 铁柜 | 600×40×40 公厘 | 根 | 16 | |
| 铁柜 | 长 560 直径 16 公厘 | 只 | 9 | |
| 铁柜 | 长 350 直径 16 公厘 | 只 | 30 | |
| 导线 | 绝缘铜线 7/2.5 | 公尺 | 50 | 升压站出线及降压站进线 |
| 熔断器 | E 型 30 安高压保险 | 只 | 12 | 线路故障保护 |
| 熔断器 | 低压 | 只 | 9 | 升压站低压侧 |
| 铁管 | 长 2.5 公尺, 外径 48 公厘 | 根 | 11 | 接地线 |
| 木柱 | 长 1.5 公尺, 直径 25 公分 | 根 | 4 | 承拉线的拉力 |
| 绝缘线 | JK-0.4 镀锌 | 公斤 | 2430 | 接电线路及接地线 |
| 绝缘线 | JK-0.3 | 公斤 | 58 | 低压中心线 |
| 电杆 | 长 9 公尺, 梢径 16 公分 | 根 | 138 | 高压支柱变电站木杆 |
| 电杆 | 长 8 公尺, 梢径 16 公分 | 根 | 20 | 低压支柱 |
| 绝缘子 | WC-6 绝缘 | 只 | 276 | 高压线路及变电站 |
| 绝缘子 | 绝缘子, 6 千伏 | 只 | 18 | |
| 绝缘子 | 6 千伏拉紧端子 | 只 | 5 | |
| 绝缘子 | TG 型绝缘 | 只 | 87 | 低压线路 |
| 铁线 | JK-0.1.6 镀锌 | 公斤 | 5 | 端子与导线的连接 |
| 煤油 | | 公斤 | 600 | 防止电杆受潮增长使用年限 |
| 绝缘 | 60×60×6 公厘 | 只 | 78 | 与绝缘同用 |



说明

1. 本变电站的适用范围是 30 瓦容量的能通 7 公里, 50 瓦容量的能通 3 公里, 如需能通 5 公里则可改用 JK-0.5 绝缘。其他变压器设备可照图安装, 其容量能通容量而变。
2. 如电杆用接线的便宜时, 则应采用接线的电杆。
3. 接地线应采用当地的钢铁材料, 如没有用钢铁管。

图 317

书 号

登记号

商 17A-丙

圖書館

統一書号：1504

定价：(10)1.70

62
57
C